CONTRIBUTION A L'ÉTUDE DE L'ÉVOLUTION TARDI- ET POSTGLACIAIRE DE LA VÉGÉTATION DANS LE JURA CENTRAL

THESE

présentée à la faculté des sciences
de l'Université de Neuchâtel
pour obtenir le grade de Docteur ès sciences
par

FRANÇOIS MATTHEY
de Neuchâtel et La Brévine
Licencié ès sciences

(Publié comme tirage à part le 15 décembre 1970)
Fascicule 53. 1970
Extrait des matériaux pour le levé géobotanique de la Suisse

ÉDITIONS HANS HUBER BERNE
1970

CONTRIBUTION A L'ÉTUDE DE L'ÉVOLUTION TARDI- ET POSTGLACIAIRE DE LA VÉGÉTATION DANS LE JURA CENTRAL

THESE

présentée à la faculté des sciences
de l'Université de Neuchâtel
pour obtenir le grade de Docteur ès sciences
par

FRANÇOIS MATTHEY
de Neuchâtel et La Brévine
Licencié ès sciences

(Publié comme tirage à part le 15 décembre 1970)
Fascicule 53. 1970
Extrait des matériaux pour le levé géobotanique de la Suisse

ÉDITIONS HANS HUBER BERNE
1970

Université de Neuchâtel

Faculté des Sciences

La Faculté des sciences de l'Université de Neuchâtel, sur le rapport de Messieurs les professeurs *Cl. Favarger, Ch. Terrier* et *M. Welten* (Berne), autorise l'impression de la présente thèse sans exprimer d'opinion sur les propositions qui y sont contenues.

Neuchâtel, le 19 novembre 1970

Le doyen:
Prof. *R. Bader*

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

©
Copyright by Editions Hans Huber, Berne 1970
Tous droits réservés
Imprimé en Suisse • In der Schweiz gedruckt • Printed in Switzerland
Imprimerie Walter Fischer, Berne

Table des matières

	Page
Avant-propos	5
Introduction	6
1. Méthodes de travail	6
2. Le phénomène glaciaire dans le Jura central	9
Chapitre I. *La vallée des Ponts*	12
1. Aperçu géographique et géologique	12
2. Historique des études portant sur les tourbières de la vallée des Ponts	13
3. Les stations étudiées	13
4. Essai de chronologie	14
5. Evolution de la végétation dans la vallée des Ponts	19
6. Commentaires	21
Chapitre II. *La vallée de la Brévine*	23
1. Aperçu géographique et géologique	23
2. Historique des études portant sur les tourbières de la vallée de la Brévine	24
3. La station étudiée	24
4. Essai de chronologie	25
5. Evolution de la végétation dans la vallée de la Brévine	26
6. Commentaires	29
Chapitre III. *Le bassin de Noiraigue*	32
1. Aperçu géographique et géologique	32
2. Historique des études portant sur le marais de Noiraigue	32
3. Les stations étudiées	33
4. Essai de chronologie	34
5. Evolution de la végétation dans le vallon de Noiraigue	37
6. Note sur l'ancien lac du Val-de-Travers	39
Chapitre IV. *La tourbière des Saignoles*	42
1. Aperçu géographique et géologique	42
2. Historique des études portant sur la tourbière des Saignoles	43
3. La station étudiée	43
4. Essai de chronologie	43
5. Evolution de la végétation aux Saignoles	44
6. Commentaires	45
Chapitre V. *La Cornée sur la Brévine*	47
1. Les stations étudiées	47
2. Essai de chronologie	48
3. Commentaires	48
Chapitre VI. *Le Creux-du-Van*	51
1. Aperçu géographique et géologique	51
2. Historique des études portant sur la végétation du Creux-du-Van	51
3. Les stations étudiées	52
4. Essai de chronologie	53
5. Commentaires	54

Chapitre VII. *Evolution de la végétation à différents étages du canton de Neuchâtel* 57

Chapitre VIII. *Jura central et Jura méridional* 77

Résumé 80

Bibliographie 82

Table des planches

Page

Symboles utilisés dans les diagrammes 7
Carte des stations étudiées 11
Diagramme de «Sous Martel Dernier» 14/15
Diagramme de «Sur-les-Bieds» 16/17
Diagramme du Cachot 26/27
Diagramme de Noiraigue I 34/35
Diagramme de Noiraigue II 36/37
Diagramme de «Sur-le-Vau» 38/39
Diagramme des Saignoles 42/43
Diagramme de la Cornée I 49
Diagramme de la Cornée II 50/51
Diagramme de Creux-du-Van I 52/53
Diagramme de Creux-du-Van II 54/55
Diagramme du Loclat (ancien) 58
Diagramme du Loclat (nouveau) 58–59

Avant-propos

Ce travail n'eût pas vu le jour sans la bienveillante sollicitude, à notre égard, de M. C. Favarger, directeur de l'Institut de botanique de l'Université de Neuchâtel, qui, tout au long de ces recherches, n'a cessé de nous prodiguer les encouragements et les judicieux conseils dont nous avions besoin; il nous est particulièrement agréable de pouvoir lui dire, ici, notre très vive gratitude.

Feu le Dr W. Lüdi a pris la peine de nous initier aux méthodes de l'analyse pollinique, au cours d'un stage que nous eûmes le privilège d'effectuer, en 1954, à Zurich, à l'Institut géobotanique Rübel, qu'il dirigeait alors. C'est à lui également que nous devons le sujet de ce travail; nous lui en gardons une très grande reconnaissance.

M. M. Welten, professeur à l'Université de Berne, nous a donné, à maintes reprises, l'occasion de bénéficier de ses grandes connaissances dans le domaine que nous nous proposions d'étudier. Il a bien voulu nous réserver le meilleur accueil dans son institut, nous faire part de ses suggestions et de ses critiques éclairées. Nous le remercions chaleureusement de l'intérêt qu'il a porté à notre entreprise.

Notre reconnaissance va aussi:

à M. J. L. Richard, chargé de cours à l'Université de Neuchâtel, qui, à plusieurs reprises, nous a guidé, sur le terrain, vers les stations qu'il connaît bien;

au Prof. Dr Oeschger, directeur du laboratoire du radiocarbone 14, à Berne, et à ses collaborateurs pour les analyses qu'ils ont effectuées;

au Fonds national de la Recherche scientifique qui les a financées;

à la Commission phytogéographique de la Société helvétique des Sciences naturelles qui a bien voulu accepter de publier notre manuscrit, et à son président, le Prof. Dr H. Zoller qui, très aimablement, nous a suggéré quelques retouches;

à M. M. Aragno qui nous a rendu grand service, en préparant à l'analyse un certain nombre d'échantillons;

à M. J. P. Portmann, chargé de cours à l'Université de Neuchâtel, qui nous a donné des renseignements sur la géologie du Quaternaire de notre région;

à M. P. Correvon, jardinier en chef du Jardin botanique de l'Université et à M. A. Schwab, huissier-préparateur de l'Institut de botanique, qui ont bien voulu associer leurs efforts aux nôtres, lors des sondages, sur le terrain;

à notre épouse, enfin, que nous remercions tout particulièrement de sa collaboration précieuse et patiente.

Introduction

1. Méthodes de travail

A. Prélèvement des échantillons

Les échantillons ont été prélevés soit à la main, lorsque des murs d'exploitation, dans les tourbières, le permettaient, soit, dans la majeure partie des cas, à l'aide d'une sonde suédoise acquise, à cet effet, par l'Institut de botanique de l'Université. Dans tous les cas, le travail a été mené avec le maximum de précautions ce qui, malgré tout, n'exclut pas la possibilité de certains remaniements dont il y a évidemment lieu de tenir compte, dans l'interprétation des diagrammes.

B. Préparation des échantillons à l'analyse

Nous avons adopté la méthode mise au point à l'Institut de botanique de l'Université de Berne, méthode à laquelle le Prof. Welten a eu l'extrême obligeance de nous initier personnellement. Cette méthode a été décrite en détail par Wegmüller (1966, p. 25); nous nous abstiendrons, par conséquent, de l'exposer à nouveau ici.

Seuls les échantillons du Loclat ont été préparés selon une technique un peu différente que nous avions apprise à l'Institut géobotanique Rübel, à Zurich. Le traitement des argiles à l'acide fluorhydrique s'y pratiquait à chaud, en capsule de platine, au lieu de s'y faire à froid, comme dans la méthode bernoise.

C. Détermination des grains de pollen

A cet effet, nous avons recouru à divers ouvrages parmi lesquels nous retiendrons ceux de Bertsch (1942), de Faegri et Iversen (1950), de Beug (1961), ainsi qu'à des reproductions de microphotographies jointes à de nombreuses publications récentes.

Au cours de notre stage à l'Institut Rübel, son directeur, M. W. Lüdi, nous avait autorisé à nous servir de son matériel pour nous constituer une collection de pollens frais. Ce matériel de référence (une centaine de types de pollen) nous a été d'un grand secours tout au long de nos recherches.

Un certain nombre de grains n'ont pas pu être déterminés, par suite de leur mauvaise conservation ou de notre incertitude quant à leur appartenance à telle espèce, tel genre ou telle famille; nous les comptons comme *indeterminata*.

D. Présentation des résultats: les diagrammmes

Symboles utilisés dans les diagrammes

a) *Sédiments*

Tourbe de haut-marais peu décomposée

Tourbe de haut-marais moyennement décomposée

Tourbe de haut-marais très décomposée

Tourbe de roseaux ou de Carex

Gyttja

Gyttja calcaire

Gyttja argileuse

Craie lacustre

Marnes

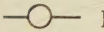
Argile

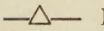
Pierres

Sable

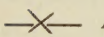
b) *Diagramme principal*

Pinus

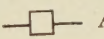

Betula


Picea

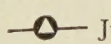
Fagus


Abies

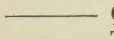
Quercetum mixtum

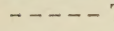

Alnus

Corylus

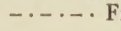

Juniperus

c) *Quercetum mixtum*


Quercus


Tilia

Ulmus


Fraxinus

d) Pteridophyta

A = Athyrium
E = Equisetum
Bo = Botrychium

B = Blechnum
T = Thelypteris
D = Dryopteris
P = Polypodium

Nous nous sommes inspiré, pour construire nos diagrammes, d'un travail de A. HOFFMANN-GROBÉTY, récemment paru (1968) dans le rapport de l'Institut géobotanique de l'E. P. F.

1. Dans tous les diagrammes, AP signifie: ensemble des grains de pollen appartenant à des espèces arborescentes, et NAP: ensemble des grains de pollen appartenant à des espèces herbacées, à l'exclusion des pollens de plantes aquatiques et des spores.

2. Les pourcents des diverses catégories de pollens ou de spores figurant dans les diagrammes sont tous calculés par rapport à la somme AP+NAP.

3. Nous donnons, de gauche à droite:

a) la profondeur à laquelle se trouvent les sédiments analysés;
b) la nature des sédiments traversés par les sondages;
c) la chronologie selon FIRBAS (1949), en désignant, à l'instar de A. HOFFMANN-GROBÉTY, par «phases», ce que FIRBAS entend sous «Zonen»;
d) les pourcents de pollen d'arbres ou d'arbustes (ces derniers étant englobés dans les AP) non reportés dans le diagramme principal;
e) la composition de la chênaie mixte;
f) les courbes de certains arbres que nous isolons du diagramme principal, par souci de lisibilité, quand ils n'y jouent pas de rôle prépondérant;
g) le diagramme principal, où sont représentées les espèces arborescentes et, de droite à gauche, le total des pollens appartenant aux espèces herbacées. Nous donnons, dans ce total, la part des Graminées (y compris les Graminées cultivées), celle des Cypéracées et, sous *«varia»*, celle des autres plantes herbacées (les *«indeterminata»* inclusivement);
h) les pourcents des principales plantes herbacées;
i) le total des grains de pollen comptés (à l'exclusion des pollens de plantes aquatiques et des spores);
j) les spores.

Notons enfin que lorsque des déterminations d'âge ont été établies au radiocarbone 14, nous les indiquons, dans le diagramme principal, en regard de la profondeur où furent prélevés les échantillons qui les ont permises.

Note: Rappelons que dans l'Europe moyenne, les phases chronologiques selon FIRBAS (1949) s'établissent ainsi:

Tardiglaciaire:	Ia	Dryas ancien inférieur. Jusqu'en 11300.
	Ib	Oscillation de Bölling. De 11300 à 10350.
	Ic	Dryas ancien supérieur. De 10350 à 10000 env.
	II	Alleröd. De 10000 à 8800.
	III	Dryas récent. De 8800 à 8200.
Finiglaciaire:	IV	Préboréal. De 8200 à 6800.
Postglaciaire:	V	Boréal. De 6800 à 5500.

VI Atlantique ancien. De 5500 à 4000.
VII Atlantique récent. De 4000 à 2500.
VIII Subboréal. De 2500 à 800.
IX Subatlantique ancien. De 800 a. C. n. à 1000 p. C. n.
X Subatlantique récent. De 1000 p. C. n. aux temps actuels.

2. Le phénomène glaciaire dans le Jura central

Des quatre glaciations quaternaires classiques du domaine alpin, mises en évidence par Penck et Brückner au début de ce siècle, Günz, Mindel, Riss et Würm, seules les deux dernières ont laissé, chez nous, des traces tangibles de leur passage.

Pendant la glaciation rissienne, il est probable que le glacier du Rhône recouvrit entièrement notre région. Les moraines rissiennes sont rares et mal conservées. Remarquons toutefois qu'en étudiant, dans le cadre d'un travail de licence en minéralogie, les sols de stations de la chaîne Chasseron—Creux-du-Van situées à plus de 1400 m d'altitude, nous avons trouvé des cristaux d'épidote, de glaucophane, de hornblende, de rutile, matériaux allochtones, cela va sans dire (Matthey, 1949). L'association épidote—glaucophane, fréquente dans ces sols, se retrouve en Valais, dans les schistes de Casanna (E. Wegmann, 1922). Il y a ainsi tout lieu de croire que c'est le glacier rhodanien qui a transporté ces minéraux jusque chez nous, vraisemblablement pendant le Riss.

Les dépôts correspondant à l'interglaciaire Riss—Würm sont rarement apparents dans le territoire que nous avons étudié.

La glaciation würmienne est subdivisée en Würm I, Würm II et Würm III (Staub, 1950), correspondant à trois stades d'avance des glaciers, séparés par deux périodes interstadiaires. Le glacier du Rhône connaît sa plus belle extension pendant le Würm I. Il dépose ses moraines les plus élevées jusqu'à 1200 m sur le versant sud de la chaîne du lac. Une langue de glace pénètre dans le Val-de-Travers; elle y laissera du matériel morainique jusqu'à une altitude maxima de 1000 m aux Oeillons (Thiébaud, 1937, p. 45), de 930 m dans le cirque de Saint-Sulpice (Mühlethaler, 1931, p. 225). Dans le même temps, un autre lobe du glacier rhodanien recouvre le Val-de-Ruz dans sa totalité. A l'Est, l'extension glaciaire atteint Aarwangen et, à l'Ouest, Grenay, dans la plaine lyonnaise (Gignoux, 1943, p. 612).

Après un retrait correspondant au premier interstadiaire, le glacier du Rhône s'étend à nouveau, atteint le pied du Jura, les entrées du Val-de-Travers et du Val-de-Ruz, qu'il ne franchira pas. A l'Est, il progresse jusqu'à Soleure. Ce stade de Soleure (Staub, 1950) correspond au Würm II.

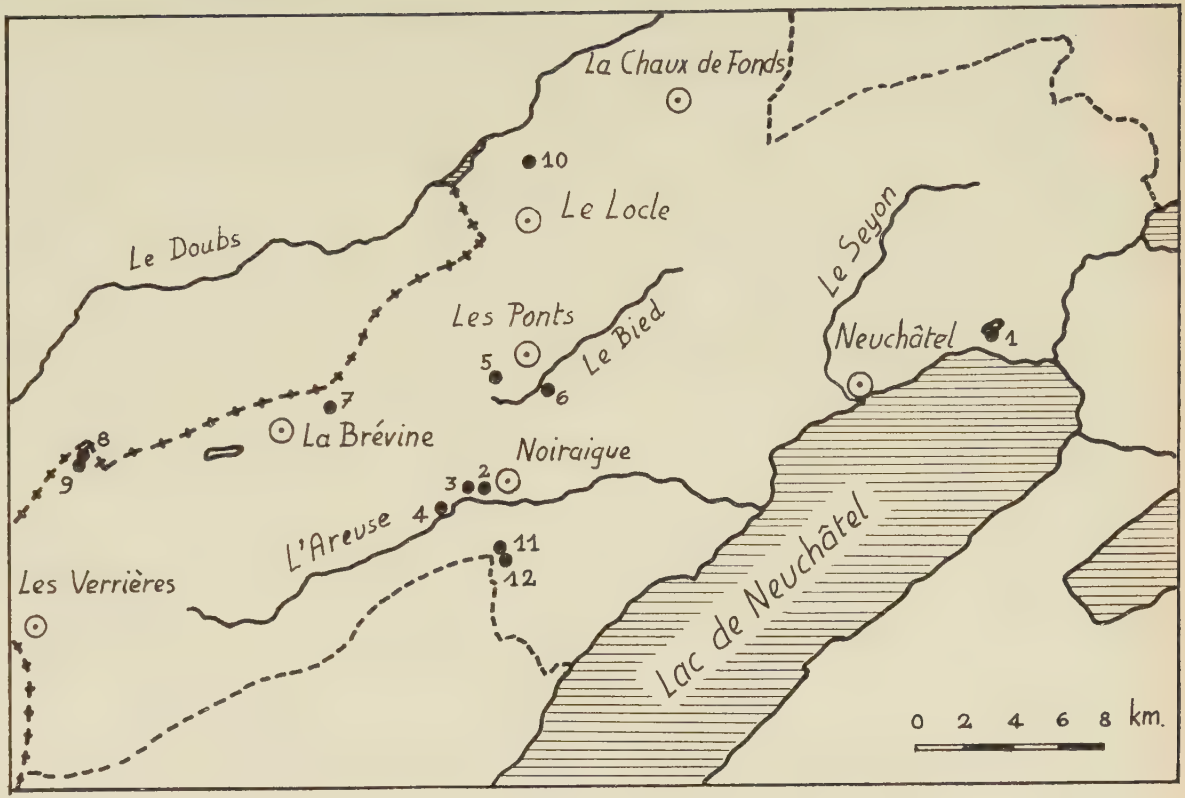
Dans une dernière poussée, correspondant au Würm III, le glacier du Rhône n'arrivera pas jusqu'à la région que nous avons étudiée. Selon Staub, il formera deux lobes séparés par le Jorat: au Nord-Ouest, un lobe allant jusqu'aux environs d'Yverdon et qui longera le Jura vaudois, sans atteindre le pied du Jura neuchâtelois, et, aux Sud-Est, un autre lobe, dont l'extrémité nord s'arrêtera à Moudon. Pendant le même temps, le glacier du Rhône ne dépassera guère Genève, à l'Ouest.

Wegmüller (1966, p. 16) pense que le Würm III pourrait correspondre au stade de Bühl, de Penck et Brückner. Il serait suivi d'une période interstadiaire à mettre en parallèle avec l'Alleröd. Quant aux stades de retrait de Gschnitz et de Daun, marquant la phase glaciaire terminale, ils correspondraient au Dryas récent.

Si, depuis la fin du Würm II, notre région n'est plus intéressée directement par le glacier du Rhône, il est probable qu'elle fut encore soumise, dans les régions élevées tout au moins, à l'influence de glaciers locaux. D. Aubert (1965) a montré qu'il s'est formé, au maximum würmien, une véritable calotte de glace, dans la partie occidentale du Jura, soit à partir du décrochement Vallorbe—Pontarlier à l'Est, à la vallée de l'Ain, à l'Ouest. La bordure sud-orientale de cette calotte se trouvait au contact de la glace rhodanienne, refoulée, de ce fait, hors du domaine jurassien occidental. Le sommet de l'inlandsis devait être à quelque 2000 m et son mouvement, centrifuge, lui permettait de franchir, au Sud, la chaîne du Mont-Tendre. La chaîne du Reculet, par contre, ne fut occupée que par des glaciers de versant, locaux. Selon Aubert, «il faut bien admettre, jusqu'à preuve du contraire, qu'elle devait constituer un nunatak entre la calotte jurassienne et le glacier de piedmont rhodanien».

A l'Est du décrochement Vallorbe—Pontarlier, les conditions changent: les synclinaux sont pauvres en matériaux morainiques, il n'y a pas de roches moutonnées. Les glaciers locaux devaient être «minces, assez puissants pour entraîner les matériaux préalablement déchaussés pas le gel, mais incapables d'exercer une véritable érosion sur la roche saine» (Aubert, p. 565). Une exception mérite toutefois d'être signalée; il s'agit de la vallée de la Brévine dont le glacier est considéré, par Aubert, comme une calotte de petite dimension qui s'étendait, à l'Est, jusqu'au vallon du Locle, sans arriver jusqu'à la Chaux-de-Fonds.

Selon Aubert, après le retrait des glaces, le modelé est fort différent selon que l'on se trouve dans l'aire occupée par la calotte glaciaire ou en dehors d'elle. Le premier type de modelé correspond à ce que notre auteur propose d'appeler «Jura rocheux», le second «Jura pelouse».



Carte des stations étudiées:

1. Le Loclat
2. Noiraigue I
3. Noiraigue II
4. Sur-le-Vau
5. Sous Martel-Dernier
6. Sur les Bieds
7. Le Cachot
8. La Cornée I
9. La Cornée II
10. Les Saignoles
11. Creux-du-Van I
12. Creux-du-Van II

Chapitre I

La Vallée des Ponts

1. Aperçu géographique et géologique

Limitée au Nord-Ouest par la chaîne de Sommartel, au Sud-Est par celle de Tête-de-Ran, la vallée des Ponts s'étale sur 15 km de longueur. Sa largeur la plus grande est au Sud-Ouest, où elle atteint 4 km et diminue en direction de la Sagne pour n'être plus que de 500 m près des Corbatières, à l'Est. Le fond de la vallée n'excède guère 1000 m d'altitude. Le point culminant de la chaîne qui limite, au Nord-Ouest, la vallée, est le Grand-Sommartel (1331 m), tandis qu'au Sud, Solmont atteint 1272 m, plus à l'Est, le Mont-Racine domine la région de ses 1440 m.

Dans un article du Dictionnaire géographique de la Suisse, Schardt (1905) donne une description géologique de la région, dont nous résumerons ici l'essentiel. La vallée des Ponts est un synclinal dont l'ossature profonde est constituée par les calcaires du Malm supérieur; il renferme, au-dessus, du Néocomien puis des dépôts tertiaires appartenant à l'Helvétien (molasse marine), recouverts eux-mêmes d'une forte couche d'argile englobant des galets arrondis d'origine jurassienne surtout, plus rarement alpine. Sur ce fond imperméable se sont développées les vastes tourbières qui donnent à la vallée son caractère, à la toponymie, ses sources: Martel, du bas-latin *maretilius* = marais tourbeux (Ph. Godet et T. Combe, 1902, p. 123); Sagne, de *sania* = fluide épais (Dauzat, Dubois, Mitterand, 1964).

Les eaux descendant des combes bordant la vallée et les ruisseaux s'écoulant des tourbières disparaissent dans des emposieux particulièrement nombreux dans la partie occidentale du bassin; ils sont creusés, pour la plupart, dans le Néocomien. Toutes ces eaux, réunies sous le fond du synclinal alimentent la Noiraigue.

Selon Burger (1959, p. 90—91), l'absence de terrasses alluviales à la sortie des cluses latérales indiquerait que, les glaces würmiennes ayant disparu, aucun lac durable n'aurait pu s'installer au-dessus de 1010 m. Néanmoins, toujours selon cet auteur, les dépressions du fond morainique inférieures à cette altitude ont été comblées par des sédiments déposés en eau tranquille, ainsi qu'en témoignent les limons plus ou moins calcaires que l'on retrouve à la base de toutes les tourbières.

La moyenne annuelle des précipitations est de l'ordre de 138 cm (Ischer, 1935, p. 78). Les conditions de température sont voisines de celles que Spinner (1932) donne pour la vallée de la Brévine.

2. Historique des études portant sur les tourbières de la vallée des Ponts

Dans ses recherches sur les marais tourbeux, Lesquereux (1845) fait de nombreuses allusions aux tourbières des Ponts. Früh et Schröter (1904) s'attachent surtout à en expliquer la genèse. Les marais de cette vallée font partie du territoire étudié par A. Graber (1924) pour l'établissement de sa flore des Gorges de l'Areuse et du Creux-du-Van. Keller (1928) publie les diagrammes polliniques de deux stations: «Les Emposieux» et «Sous-le-Voisinage». Ischer (1935) étudie onze stations au point de vue palynologique et donne de précieux renseignements sur la texture des tourbes ainsi que sur la végétation des tourbières. Le même auteur (1938), par l'analyse de douze stations, montre les influences réciproques du pH sur la végétation et de la végétation sur le pH.

Il nous intéressait d'appliquer, toutefois, dans cette région, des méthodes plus modernes d'analyse pollinique, afin, notamment, de mettre en évidence l'évolution tardiglaciaire de la végétation, ce qui, à ce jour, n'avait pas été fait.

3. Les stations étudiées

Notre choix s'est porté sur deux stations offrant de beaux murs d'exploitation; nous avons préféré, en effet, prélever nos échantillons à la main plutôt qu'à la sonde, les risques de pollution des niveaux inférieurs par des fragments de tourbe tombés des niveaux supérieurs, nous paraissant moins grands.

Station 1: «Sous Martel-Dernier»
(coord.: 544.750/203.430)

Les prélèvements ont été faits à la main, de la surface à 250 cm de profondeur, dans un mur d'exploitation dont nous avons rafraîchi la coupe. De 250 cm à 425 cm, prélèvement des échantillons à la sonde qui refuse, en quatre endroits voisins, de descendre au-dessous de 425 cm. Les sédiments traversés sont les suivants:

0 à 43 cm: Tourbe de haut-marais bien conservée.
43 à 110 cm: Tourbe de haut-marais moyennement décomposée
110 à 132 cm: Tourbe de haut-marais peu décomposée.
132 à 195 cm: Tourbe de haut-marais moyennement décomposée.
195 à 210 cm: Tourbe de haut-marais très décomposée.
210 à 315 cm: Tourbe de bas-marais
315 à 340 cm: Limon argilo-calcaire avec un peu de matière organique (couleur: gris-brun).
340 à 385 cm: Limon argilo-calcaire beaucoup plus pauvre en matières organiques (couleur: gris-bleu).
385 à 400 cm: Limon argilo-calcaire un peu plus riche en matières organiques (couleur: gris foncé).

400 à 420 cm: Limon argilo-calcaire très pauvre en matières organiques (couleur: gris-bleu).
420 à 425 cm: Limon argilo-calcaire avec fragments anguleux de calcaire n'excédant guère 1 cm. (couleur: gris-jaune).

Station 2: «Sur les Bieds» (coord.: 546.740/203.450)

Les échantillons ont été prélevés à la main, de la surface à 240 cm, dans un mur d'exploitation, et, au-dessous, à la sonde. La coupe fait apparaître les sédiments suivants:

0 à 100 cm: Tourbe de haut-marais peu décomposée.
100 à 120 cm: Tourbe de haut-marais très décomposée.
120 à 302 cm: Tourbe de bas-marais.
302 à 310 cm: Limon argilo-calcaire avec un peu de matière organique (couleur: gris-brun).
310 à 325 cm: Limon argilo-calcaire mêlé à un peu de sable très fin. Un peu de matière organique (couleur: gris-brun).
325 à 380 cm: Limon argilo-calcaire avec un peu de matière organique (couleur: gris-brun).
Intercalée dans ce niveau, entre 355 et 350 cm, une petite couche contenant un peu de sable fin, de même nature que celle rencontrée entre 310 et 325 cm.
380 à 390 cm: Limon argilo-calcaire avec petits fragments anguleux de calcaire (couleur: gris-jaune).

4. Essai de chronologie

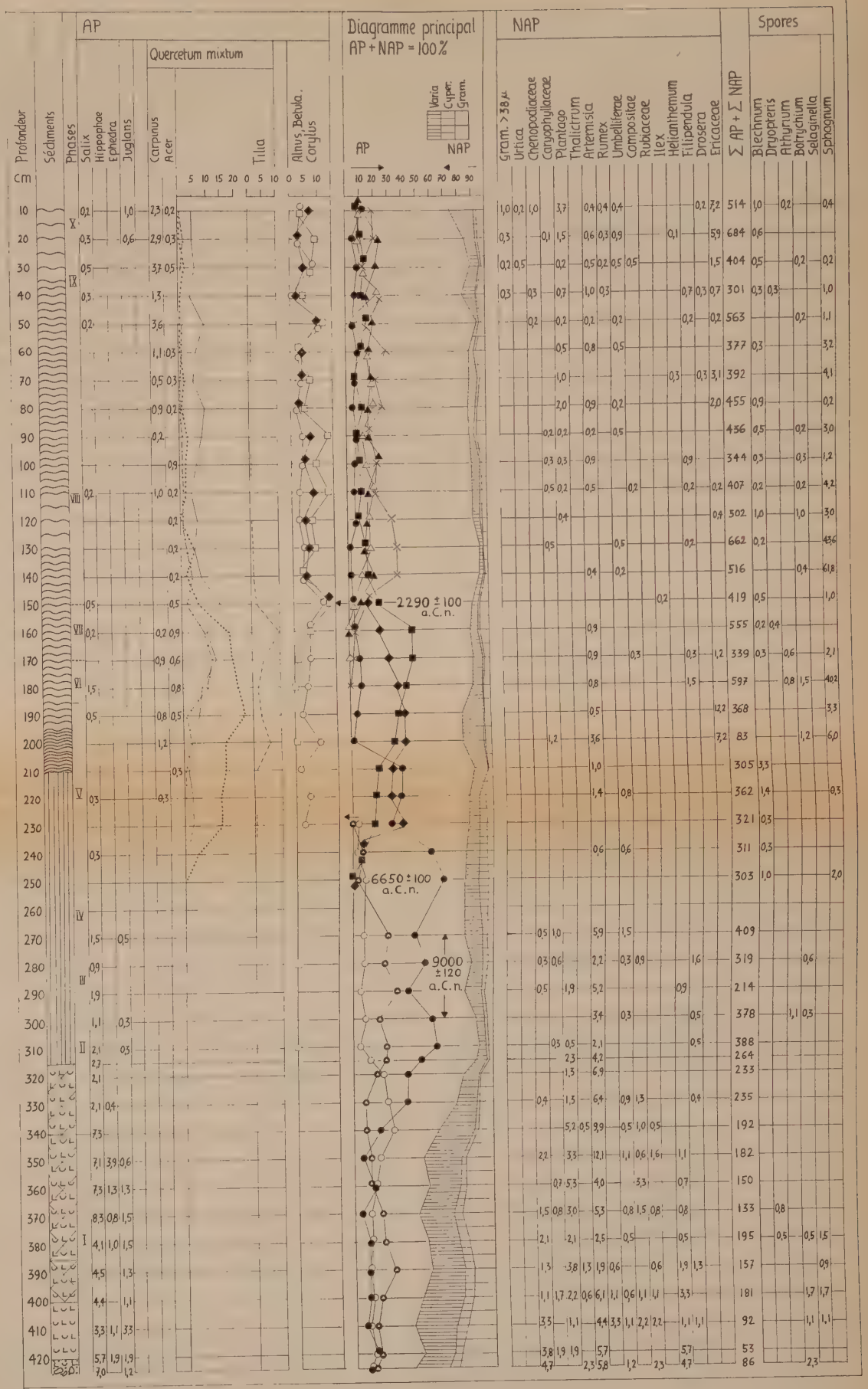
A. Le Tardiglaciaire dans la vallée des Ponts

A. 1. «Sous Martel-Dernier»

Une carotte prélevée à la sonde, entre 270 et 300 cm, datée au radiocarbone 14, nous permet de fixer l'âge de ce niveau à 9000 ± 120 ans a. C. n. Nous sommes donc à la fin de l'Alleröd. Essayons de fixer le début de cette période d'après notre diagramme. On sait qu'une élévation de température favorise, dans un bassin, la formation de dépôts organiques. Il se trouve précisément que le limon argilo-calcaire qui, jusqu'alors, en était très pauvre, s'enrichit en matières organiques au-dessus de 340 cm. Que révèle notre diagramme à ce niveau? La proportion des plantes herbacées commence à baisser alors que celle de la strate arborescente est en nette augmentation. Le pin s'étend tandis que le bouleau régresse, ainsi que les espèces de caractère steppique: Graminées, Cypéracées, *Artemisia, Helianthemum, Plantago,* Chenopodiacées.

Au-dessous de 340 cm, nous sommes, par conséquent, dans le Dryas ancien. Cette période se divise en trois sous-périodes: Dryas ancien inférieur, caractérisé par un climat froid, stade de Bölling accusant un premier réchauffement depuis le retrait des glaciers et Dryas ancien supérieur

Sous Martel Dernier alt. 1010 m



marqué par une nouvelle détérioration du climat. Est-il possible, d'après notre diagramme, de mettre en évidence ces subdivisions du Dryas ancien? L'absence de données chronologiques basées sur l'analyse au radiocarbone 14 doit nous rendre prudent. Remarquons toutefois qu'entre 400 et 370 cm, le genévrier connaît un beau développement, alors que la part des herbacées s'amenuise. Par ailleurs, au-dessus de 400 cm (et jusque vers 385 cm), les sédiments s'enrichissent un peu en matières organiques. Faudrait-il voir là une conséquence du réchauffement correspondant au stade de Bölling? Ces limites, très peu caractéristiques, en vérité, nous feraient alors rattacher les sédiments situés au-dessous de 400 cm au Dryas ancien inférieur, et, ceux compris entre 370 et 340 cm, au Dryas ancien supérieur.

A partir de 270 cm, les espèces herbacées (à part les Cypéracées dont la présence est normale, car le bas-marais est déjà bien formé) disparaissent pour la plupart, momentanément de notre diagramme. *Ephedra* fait une dernière apparition, *Artemisia,* les Ombellifères, les Chénopodiacées s'effacent, alors que la strate arborescente se développe. Nous situons donc à 270 cm la fin du Tardiglaciaire.

Il nous paraît difficile de fixer une limite entre l'Alleröd et le Dryas récent et cela d'autant plus que dans le Sud de l'Europe centrale, la forêt, implantée pendant l'Alleröd, n'a jamais régressé dans des proportions comparables à celles que l'on observe dans le Nord de l'Europe (Lüdi, 1957, p. 32-33).

A. 2. «Sur les Bieds»

La détermination d'âge absolu le plus ancien pour cette station, 7410 ans ± 100 a. C. n., tombe au milieu du Préboréal qui débute avec l'apparition des premiers pollens de noisetier et des constituants de la chênaie mixte.

Le fort pourcentage de pollens appartenant à des espèces herbacées que nous trouvons dans les sédiments situés au-dessous de 300 cm, nous incite à les attribuer au Dryas ancien. Au-dessus de 300 cm, la nette augmentation des pollens d'arbres, particulièrement du pin, pourrait bien correspondre au début de l'Alleröd et les pollens de noisetier que nous avons trouvés plus bas seraient dûs à des infiltrations. Quoi qu'il en soit, cette période, ainsi que le Dryas récent qui lui fait suite font plus ou moins défaut, dans notre diagramme. Un téléscopage dans la sédimentation nous fait passer, presque sans transition, du Dryas ancien au Préboréal.

Tenter ici, sur la base de nos résultats, une division en Dryas ancien inférieur, oscillation de Bölling et Dryas ancien supérieur serait illusoire.

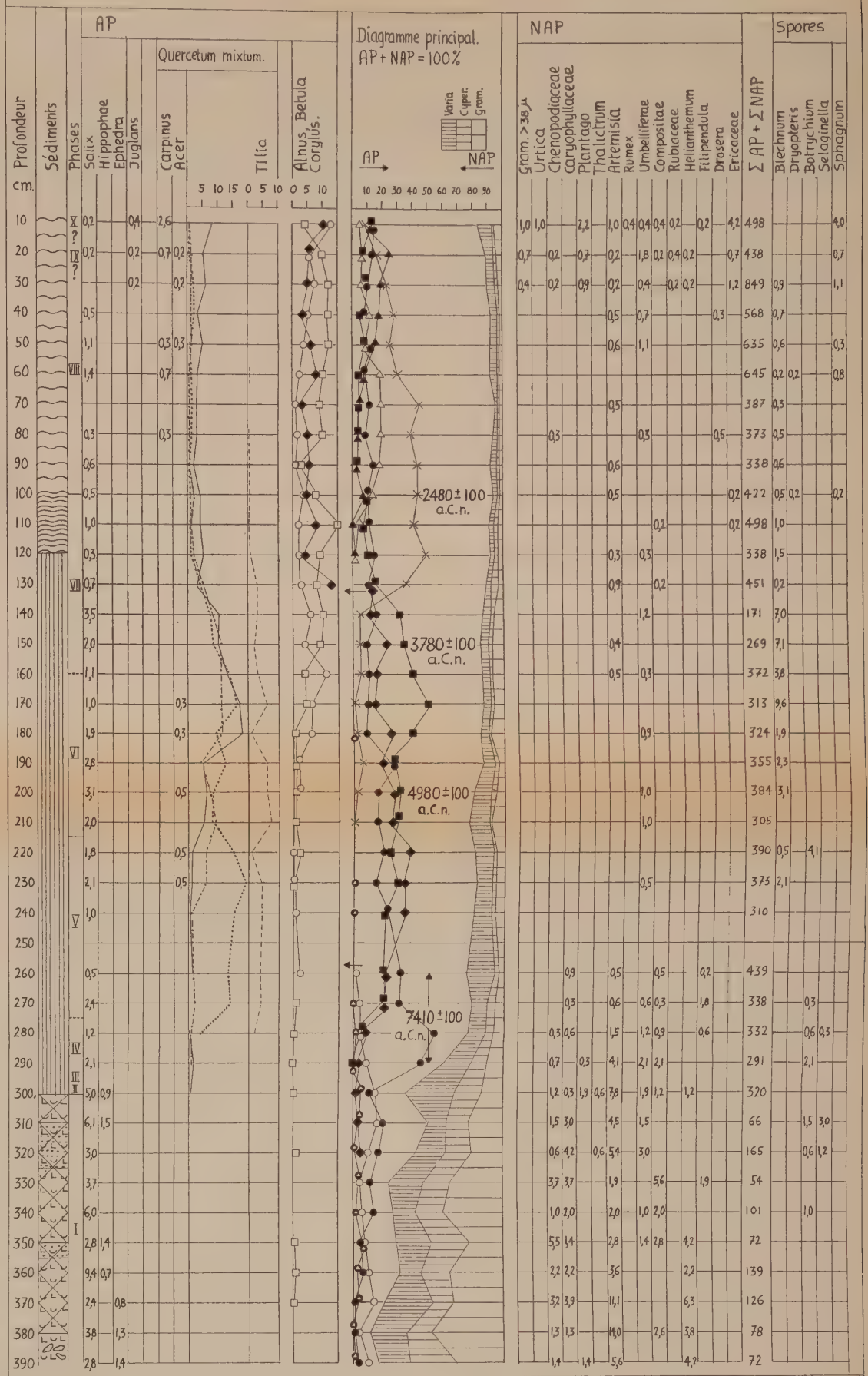
B. Le Postglaciaire dans la vallée des Ponts

B. 1. «Sous Martel-Dernier»

Deux analyses au radiocarbone 14 ont été faites sur des sédiments postglaciaires de cette station. La première, correspondant au niveau 250 cm, marque le début du Boréal. Le pin amorce sa régression d'une part, la corylaie et la chênaie mixte s'étendent, d'autre part. L'échantillon prélevé à la profondeur de 260 cm n'a malheureusement pas pu être analysé, l'état de conservation de ses pollens étant par trop mauvais. Nous nous trouvons ainsi dans l'impossibilité de déterminer avec précision le début du Préboréal qui doit se placer entre 270 cm et 250 cm. De toute manière, le dépôt correspondant au Préboréal doit être de très faible épaisseur.

La seconde détermination d'âge au radiocarbone 14 est sans doute fausse, pour les raisons suivantes: effectuée sur un échantillon prélevé à 150 cm, elle correspond au début de la montée du sapin blanc et, à un moindre degré, de celle du hêtre et du sapin rouge. Au sein de la chênaie mixte, en forte régression, le chêne l'emporte sur les autres essences. Or, dans le diagramme de «Sur les Bieds», la montée d'*Abies* est beaucoup plus précoce, puisque elle se situe entre 3750 et 2480 a. C. n. (contre 2290 à «Sous Martel-Dernier»), soit pendant l'Atlantique récent. Dans ce même diagramme, le niveau où le chêne l'emporte au sein de la chênaie en décroissance, se place entre 120 cm et 130 cm et correspond à peu près à l'apparition de *Fagus*. Faisant suite à l'apparition du hêtre, l'aulne passe par un maximum de 15 %, à 110 cm. A «Sous-Martel-Dernier», ce maximum d'*Alnus* se situe à 150 cm et suit de près la venue du hêtre (160 cm). Tout se passe, à «Sous-Martel-Dernier», comme si *Abies* était sous-représenté aux niveaux 150 cm et 160 cm. En admettant comme bonne la détermination qui, dans la station de «Sur les Bieds» fixe à 100 cm le début du Subboréal (2480 a. C. n.), cette période devrait commencer, à «Sous-Martel-Dernier», vers 150 cm. Dès lors, l'âge absolu de 2290 ± 100 ans a. C. n., nous paraît trop jeune. Il n'est pas exclu que des infiltrations d'un matériel plus récent ou que des racines aient pu descendre d'un niveau supérieur jusqu'à 150 cm, tandis qu'il est difficile d'admettre que du matériel ancien soit venu se mêler, en remontant dans l'espace, à des échantillons plus jeunes, à «Sur les Bieds».

Relevons encore que le sondage de «Sous-Martel-Dernier» nous a livré le seul pollen d'*Ilex* rencontré au cours de ces recherches; il se trouve précisément au niveau 150 cm. Selon Iversen (cité par Wegmüller, 1966, p. 115), le houx ne pourrait pas subsister dans les régions où la température moyenne de janvier est inférieure à —5° C. Wegmüller signale la présence d'un *Ilex*, au début du Subboréal, dans son diagramme du lac de l'Abbaye, à 871 m d'altitude. Le pollen de houx de «Sous-Martel-Dernier» serait-il contemporain de celui du lac de l'Abbaye? Cela n'est pas impossible.


Sur les Bieds alt. 1007 m.
AP
NAP
Spores
Profondeur
cm.
Sédiments
Phases
Quercetum mixtum.
Diagramme principal.
AP + NAP = 100%
Salix
Hippophae
Ephedra
Juglans
Carpinus
Acer
Tilia
Alnus, Betula
Corylus.
Varia
Cyper.
Gram.
AP
NAP
Gram. > 38 µ
Urtica
Chenopodiaceae
Caryophyllaceae
Plantago
Thalictrum
Artemisia
Rumex
Umbelliferae
Compositae
Rubiaceae
Helianthemum
Filipendula
Drosera
Ericaceae
Σ AP + Σ NAP
Blechnum
Dryopteris
Botrychium
Selaginella
Sphagnum
2480 ± 100 a.C.n.
3780 ± 100 a.C.n.
4980 ± 100 a.C.n.
7410 ± 100 a.C.n.

La plupart des diagrammes établis pas WEGMÜLLER montrent, dans le Jura méridional, que le passage du Boréal à l'Atlantique ancien correspond au croisement de la courbe ascendante de la chênaie mixte et de la courbe descendante du noisetier. En adoptant ce critère, c'est entre 190 cm et 180 cm que nous situerons le début de l'Atlantique ancien.

Quant à la limite entre l'Atlantique ancien et l'Atlantique récent, il n'est pas aisé de la fixer ici. Si WEGMÜLLER la fait coincider avec l'apparition du hêtre, il semble, sur la base de déterminations d'âge au radiocarbone 14 effectuées tant dans la vallée des Ponts-de-Martel que dans celle de la Brévine, que cette apparition est un peu plus tardive dans le Haut-Jura central que dans le Jura méridional; elle se manifeste entre 3500 et 3000 ans a. C. n. Dès lors, c'est un peu au-dessous de 160 cm, peut-être vers 170 cm, que nous devrions fixer cette limite. Dans ces conditions, l'accroissement du marais, pendant l'Atlantique ancien, aurait été très faible, de l'ordre de 15 cm seulement.

PAUL VOUGA (1906, p. 11) dans son essai sur l'origine des habitants du Val-de-Travers remarque: «On admet généralement que les Gallo-Romains, qui s'étaient établis sur les bords du lac de Neuchâtel, se réfugièrent, lors des invasions allémanes des IVe et Ve siècles, dans les hautes vallées du Jura.»

Le «Rameau de Sapin» (1909, p. 24) signale qu'en 1908, en plantant un poteau télégraphique près des Ponts-de-Martel, on trouva une monnaie romaine de Claude le Gothique (238 à 270 p. C. n.). C'est d'ailleurs la seule trouvaille archéologique faite, à ce jour, dans la vallée des Ponts. (La vallée de la Brévine n'en compte aucune.)

Un document de Jean II d'Aarberg, remontant à 1372 (Dict. géog. de la Suisse, T. 3, p. 729) constitue la première mention historique ayant trait à des habitants, dans notre vallée.

F. LOEW (1954) pense que tout le Haut-Jura ne fut habité que très tard. Ainsi, l'établissement d'une population à demeure, dans la vallée des Ponts, ne doit guère être antérieure au Subatlantique récent.

A partir de la profondeur de 30 cm, les espèces arborescentes régressent un peu, au profit des herbacées et, notamment, de celles qui sont liées à la présence de l'homme (STRAKA 1965): *Urtica, Plantago, Rumex,* quelques Graminées cultivées. Nous pensons pouvoir situer aux environs de ce niveau le début du Subatlantique récent.

Aucun critère ne nous permet de fixer le passage du Subboréal au Subatlantique ancien et cette fluctuation climatique repérée en d'autres endroits, ne semble guère se manifester chez nous. La fagabiétaie reste dominante, aussi bien pendant le Subboréal que pendant le Subatlantique.

B.2. «Sur les Bieds»

Au-dessus de 300 cm, la courbe générale des espèces herbacées fléchit, le pin domine et le noisetier apparaît, suivi de près par la chênaie mixte. A 270 cm, net changement: *Pinus* a fortement régressé au profit de *Corylus* et du *Quercetum mixtum* qui se développent parallèlement. L'âge absolu fixé à 7410 ± 100 ans a. C. n. correspond au Préboréal, ce qui confirme parfaitement l'évolution forestière pour cette partie du diagramme. Depuis 215 cm, *Corylus* diminue en même temps qu'*Ulmus*, alors que *Quercus* et *Fraxinus* prennent une plus grande importance dans la chênaie mixte dont la courbe ascendante croise celle du noisetier en régression. C'est là que nous fixons la fin de la période boréale.

L'Atlantique correspond aux sédiments compris entre 215 cm et 100 cm, caractérisés par la dominance de la chênaie mixte d'abord, du sapin blanc, ensuite. L'échantillon 150 cm dont l'âge absolu est fixé à 3780 ± 100 ans a. C. n., nous permet de fixer la limite entre l'Atlantique ancien et l'Atlantique récent un peu au-dessous, soit vers 160 cm. Nous constatons, à ce moment, que *Fraxinus* se maintient à des valeurs élevées, alors qu'*Ulmus* est en régression et qu'*Alnus* augmente légèrement, comme c'était le cas, au même moment, à «Sous-Martel-Dernier».

La chronologie au radiocarbone 14 fixe le passage de l'Atlantique récent au Subboréal à 100 cm de profondeur.

Les signes d'une activité humaine, dans la région, devraient se traduire par un déboisement et correspondre, dans le diagramme, à une augmentation de la part des herbacées au détriment des arbres. Si, à partir de 30 cm, nous remarquons une très faible reprise des herbacées, ainsi que l'apparition des Graminées cultivées et de *Juglans*, il faut constater que ces témoins d'une installation humaine sont trop discrets pour nous permettre de fixer le début du Subatlantique récent. Il est d'ailleurs possible que l'accroissement du marais ne se soit pas poursuivi jusqu'à nos jours. Le niveau 30 cm de «Sur les Bieds» correspond peut-être au niveau 110 cm de «Sous-Martel-Dernier» qui précède, de peu, un premier maximum de hêtre contemporain d'une tendance bien marquée à l'individualisation de *Quercus* au sein de la chênaie mixte et de valeurs élevées d'*Alnus*. Dans ce cas, nos témoins de la présence humaine pourraient être dûs à des infiltrations récentes de pollen, à travers les couches superficielles de tourbe très peu décomposée et, par conséquent, poreuse.

5. Evolution de la végétation dans la vallée des Ponts

A. Pendant la Tardiglaciaire

1. Dryas ancien inférieur: antérieur à 11 300 a. C. n.
2. Oscillation de Bölling: de 11 300 à 10 350 a. C. n.
3. Dryas ancien supérieur: de 10 350 à 10 000 a. C. n.

Après le retrait des glaces, une végétation de type «toundra» colonise la vallée; les espèces herbacées qui la caractérisent (Graminées, Cypéracées, *Artemisia,* Chenopodiacées, *Helianthemum, Thalictrum, Filipendula, Selaginella)* sont représentées dans les deux diagrammes. La forêt ne paraît pas encore installée. On trouve quelques pins et bouleaux, un peu de saule, d'*Hippophaë* et de genévrier, cette dernière espèce connaissant, à «Sous-Martel-Dernier», un développement assez important.

L'oscillation thermique de Bölling a été décrite pour la première fois, dans le Nord de l'Europe, par Iversen (1942); elle correspond à une amélioration climatique dont la trace a été mise en évidence, plus près de chez nous, par Lang (1964) et Bertsch (1961), dans le Sud-Ouest de l'Allemagne, par Häni (1964), au lac de Lobsigen, puis, par Wegmüller (1966) dans le Jura occidental. Nous nous sommes demandé si le développement de *Juniperus* observé, à «Sous-Martel-Dernier», entre 370 cm et 400 cm pouvait lui être attribué; convenons que le recul des espèces herbacées qui lui correspond n'est que très faible. Il faut en conclure que, même si elle a existé, l'amélioration climatique de Bölling dans la vallée des Ponts, n'aurait été que très peu marquée.

Nos diagrammes ne nous ont pas permis de mettre en évidence le Dryas ancien supérieur.

4. Alleröd: de 10 000 à 8800 a. C. n.

Nous assistons, dans la vallée des Ponts, à la première véritable extension de la forêt, due à un réchauffement généralisé. Le pin devient nettement l'essence dominante; *Juniperus* est bien représenté aussi. Le pourcentage des espèces herbacées est en baisse.

5. Dryas récent: de 8800 à 8200 a. C. n.

La forêt ayant pris possession de la vallée subira, certes, de nombreuses fluctuations; jamais, toutefois, elle ne reculera dans les limites qui étaient les siennes avant l'Alleröd. Le pin et le bouleau continuent leur dominance.

B. Pendant le Postglaciaire

6. Préboréal: de 8200 à 6800 a. C. n.

Le pin est toujours l'essence la mieux représentée mais les premières traces de noisetier et celles de la chênaie mixte apparaissent dès le début de la période. Le climat se réchauffe. Vers la fin, le pin achève sa longue

dominance et régresse fortement. Remarquons que, dans la station de «Sous-Martel-Dernier», un assèchement passager du marais semble s'être produit pendant cette période (mauvaise conservation des pollens du niveau 260 cm, faible accroissement de la couche de tourbe) ce qui n'est pas le cas à «Sur les Bieds».

7. Boréal: de 6800 à 5500 a. C. n.

Si *Corylus* est l'essence dominante, la chênaie mixte connaît aussi un beau développement dû essentiellement à l'orme qui est, de loin, l'espèce la mieux représentée du *Quercetum mixtum,* pendant toute la période. cela correspond à ce que Joray (1942) trouve à l'Etang de la Gruyère et Wegmüller (1966) dans le Jura méridional pour les stations de même altitude. Joray (p. 74) se demande si cet envahissement d'*Ulmus* est un phénomène localisé à son domaine d'étude, tout en pensant qu'il doit être plus général, ce que nos analyses confirment. Notons encore que le passage du bas-marais au haut-marais se fait pendant cette période, dans notre station de «Sous-Martel-Dernier».

8. Atlantique ancien: de 5500 à 4000 a. C. n.

La corylaie régresse fortement, alors que la chênaie mixte devient dominante. Nous entrons, avec l'Atlantique ancien, dans l'âge de la chênaie à proprement parler. Si l'orme est toujours abondant, il est en baisse alors que le chêne, le frêne et le tilleul sont mieux représentés qu'ils ne l'étaient pendant le Boréal. C'est également pendant cette période que le sapin blanc se manifeste pour la première fois: la courbe continue de cette essence apparaît sitôt après le croisement des courbes du *Quercetum mixtum* et de *Corylus.*

9. Atlantique récent: de 4000 à 2500 a. C. n.

Au début de cette période, la corylaie continue à baisser alors que la chênaie, au sein de laquelle l'orme est moins prépondérant et le chêne bien représenté, domine. Sur la base du diagramme de «Sur les Bieds», forte extension du sapin blanc à partir de 3500 a. C. n. environ. Les analyses de cette station nous indiquent, en outre, que les courbes continues du hêtre et de l'épicéa se forment aux environs de 3000 ans a. C. n., au moment où *Abies* connaît son maximum absolu. Le travail d'Ischer, sur la vallée des Ponts fait apparaître ce synchronisme entre des valeurs élevées d'*Abies,* d'une part, et les premières traces de *Fagus* et de *Picea,* d'autre part, dans les localités 2 (Marais de la Roche Berthoud) et 9 (Marais du Stand). Dans d'autres stations, par contre (Bois des Lattes, par exemple), les premières manifestations d'*Abies,* de *Fagus* et de *Picea* sont simultanées. Cela nous amène à penser que certaines formations marécageuses de la vallée présentent des lacunes correspondant à des phases passagères d'assèchement, spécialement pendant l'Atlantique ancien, et au début de l'Atlantique récent. Cette constatation est pour le moins paradoxale, si l'on songe que l'Atlantique est toujours considéré comme une période à forte humidité.

Il en faudrait déduire que ces «assèchements» n'ont pas pour cause un climat pauvre en humidité, mais plutôt un abaissement du niveau de la nappe phréatique, lié à des phénomènes karstiques.

10. Subboréal: de 2500 à 800 a. C. n.

Cette période est caractérisée, à son début, par la dominance du sapin blanc qui subira, par la suite, la concurrence du hêtre et de l'épicéa. Dans la chênaie mixte, peu importante, Quercus est l'essence la mieux représentée.

11. Subatlantique: de 800 a. C. n. à nos jours

Le passage du Subboréal au Subatlantique se fait, ici, sans changement climatique notable. La fagabiétaie se maintient avec, toutefois, un recul d'Abies. Les premiers habitants prennent possession de la vallée des Ponts assez tardivement, probablement vers le début du Subatlantique récent (1000 p. C. n.). La découverte isolée d'une unique pièce de monnaie du IIIe siècle de notre ère n'est pas une preuve certaine de l'installation humaine dès ce moment. Quant à l'assertion selon laquelle la colonisation se serait faite lors des invasions allémanes des IVe et Ve siècles, elle est très hypothétique et n'a jamais été démontrée. Quoi qu'il en soit, la légère reprise des herbacées que l'on observe dans la partie supérieure du diagramme de «Sous-Martel-Dernier», la présence de pollen de céréales, de noyer, de *Rumex* ou d'ortie qui lui correspond, sont les témoins, sans doute de cette colonisation.

6. Commentaires

Keller et Ischer ont, avant nous, étudié les marais de la vallée des Ponts. La confrontation de leurs résultats avec les nôtres, appelle les quelques commentaires suivants:

En comparant les diagrammes de Keller et les nôtres, nous constatons qu'à la limite du lehm et de la tourbe de bas-marais, cet auteur tombe, pour la station «les Emposieux», dans le Dryas récent, sinon même à la fin de l'Alleröd. *Corylus* n'est pas encore apparu, *Pinus* est en plein développement et *Betula* en forte régression. Cela correspond bien à ce que nous obtenons à «Sous-Martel-Dernier». Il n'en est plus de même en ce qui concerne l'apparition du sapin blanc et de la chênaie mixte. Pour Keller, tant à «Sous le Voisinage» qu'aux «Emposieux», *Abies* se manifeste avant la chênaie mixte. Or, que ce soit dans les diagrammes de Ischer, de Joray, de Firtion, de Wegmüller ou dans les nôtres, la poussée de la chênaie est à peu près parallèle à celle de *Corylus*, soit très nettement antérieure à celle d'*Abies*. Par ailleurs, chez Keller, le développement de la chênaie est très faible, particulièrement dans sa première phase. Ces restrictions mises à part, nos diagrammes ont la même ligne générale que ceux de Keller.

La comparaison de nos deux diagrammes avec ceux d'Ischer nous suggère les remarques suivantes:

a) Ischer s'est spécialement intéressé à l'étude des tourbières proprement dites et, comme c'est le cas pour la plupart des premières recherches effectuées dans le Jura, les terrains sur lesquels reposent les tourbières n'ont guère retenu son attention. Les résultats de Ischer ne remontent pas, dans le temps, au-delà du Finiglaciaire et, en aucun cas, au Tardiglaciaire.

b) Par ailleurs, il n'est pas tenu compte des pollens de la végétation herbacée sur la statistique desquels repose précisément, en grande partie, l'histoire du Tardiglaciaire.

c) La succession des âges forestiers est sensiblement la même dans les travaux d'Ischer et dans les nôtres. Une différence est à retenir, toutefois: le développement de la chênaie ne ressort que faiblement dans le travail d'Ischer; le maximum décrit par cet auteur atteint 35,8 % du total des espèces arborescentes (localité 5), alors que nous obtenons près de 70 % à »Sur les Bieds» et 80 % à «Sous-Martel-Dernier» (en excluant *Corylus* de l'ensemble des arbres, comme le fait Ischer). A la base de la chênaie, l'orme est très fortement représenté et de manière continue, alors que, selon Ischer, cette essence ne serait que sporadique (p. 146). Nous reviendrons sur ce point au paragraphe e).

d) Au point de vue chronologique, il y a également quelques divergences: dans un chapitre consacré à l'évolution postglaciaire de la forêt dans la vallée des Ponts, Ischer fait coïncider la chênaie avec le Boréal et l'immigration du hêtre et de l'épicéa avec le début de l'Atlantique. Nous synchronisons, quant à nous, le maximum de *Corylus* et le Boréal, l'immigration du hêtre et de l'épicéa et la seconde moitié de l'Atlantique.

e) Une différence frappante entre les travaux de Keller et d'Ischer, d'une part, et les nôtres, d'autre part, a trait à l'évolution de la chênaie mixte. Chez Ischer, notamment, le fait qu'*Ulmus* soit peu représenté incite à penser que les marais étudiés par cet auteur ont subi un arrêt de croissance pendant le Boréal et une partie de l'Atlantique ancien. Il se peut, pour autant que les sondages soient pratiqués en dehors des zones les plus profondes d'un marais, qu'un abaissement du niveau de l'eau, lié à un climat plus chaud et plus sec (pendant le Boréal) ou à des phénomènes d'origine karstique (pendant l'Atlantique) soit responsable de lacunes dans la sédimentation. Ischer, d'ailleurs, constate que le tilleul est généralement l'essence la mieux représentée de la chênaie. Or les diagrammes, tant de «Sur les Bieds» que de «Sous-Martel-Dernier», nous révèlent que c'est précisément après la décroissance d'*Ulmus* que le tilleul connaît son extension la plus forte.

Chapitre II

La Vallée de la Brévine

1. Aperçu géographique et géologique

D'une altitude moyenne d'environ 1050 m, la vallée de la Brévine est la plus élevée du Jura suisse. C'est un bassin fermé d'un peu plus de 1800 hectares. Elle s'étend sur quelque 20 km, du pied du Gros Taureau à l'Ouest, au pied de Sommartel, à l'Est. Sa largeur est de 2 à 3 km. La chaîne de l'Harmont la domine au Nord, avec des culminances de l'ordre de 1260 m et, au Sud, elle est séparée du Val-de-Travers par les hauteurs des Fontenettes (1246 m), du Crêt du Cervelet (1296 m), du Crêt de l'Oura (1304 m).

Géologiquement, la région a été bien étudiée par Jaccard (1886), Schardt (1904), Jeannet (1924, 1926), Rickenbach (1925), Mühlethaler (1931) et Burger (1959).

Sur un complexe imperméable formé par les marnes et marno-calcaires du Séquanien inférieur et de l'Argovien, l'ossature du synclinal est due essentiellement aux assises calcaires allant du Séquanien supérieur à l'Hauterivien. La molasse marine existe certainement au cœur du synclinal mais elle est, en général, recouverte par des dépôts quaternaires.

Dans sa partie occidentale, le synclinal est asymétrique: le flanc Nord plonge doucement vers le Sud, alors que le flanc Sud est légèrement renversé. Dans sa partie orientale, les deux flancs se renversent pour former un «oméga» (Jeannet, 1924).

Le quaternaire est répandu mais souvent le remplissage morainique est peu épais. Pendant le Riss, il est très probable que la vallée fut entièrement recouverte de glace rhodanienne. Jeannet (1924) signale qu'au cours de sondages effectués en vue de l'exhaussement du lac des Taillères, un filet charbonneux, intercalé dans des marnes très pures, fut mis à jour. Ce dépôt, selon cet auteur, témoigne de la présence d'un lac interglaciaire antéwürmien plus étendu que le lac actuel dont il aurait dépassé la cote de 1,5 m environ.

Aubert (1965) se fondant sur la présence de galets crétacés à 100 m au-dessus du fond du synclinal dont ils proviennent, tant sur le versant Nord que sur le versant Sud de la vallée, admet la présence d'un glacier würmien suffisamment puissant, puisque capable d'effectuer un tel transport, pour être assimilé à une calotte de petite dimension.

Au point de vue hydrologique, le ruissellement superficiel est insignifiant, les flancs de la vallée étant formés de calcaires fissurés. La partie centrale

du synclinal est seule à même, grâce à la présence de marnes et d'argiles quaternaires imperméables, de retenir de l'eau en surface. C'est sur ce fond étanche que se sont développées les tourbières. Le reste du bassin alimente la source de l'Areuse. Les formes caractéristiques du relief karstique sont nombreuses. Il est à remarquer avec Burger (1959) que les emposieux ne sont pas obligatoirement situés au pied des versants; celui du Cachot, par exemple, auquel aboutit le ruisseau drainant en partie la tourbière du même nom, occupe dans la vallée une position centrale. Seul un remplissage morainique de faible épaisseur aura permis sa formation.

Le climat de la vallée de la Brévine a été étudié avec suffisamment de minutie par Spinner (1927, 1932) pour que nous n'y revenions pas.

2. Historique des études portant sur les tourbières de la vallée de la Brévine

Les tourbières de la vallée de la Brévine ont intéressé Lesquereux (1845) par leur flore, leur genèse et leur aspect social. Früh et Schröter (1904) en ont repris l'étude floristique, ainsi que Spinner, dans son excellent travail sur le Haut-Jura neuchâtelois nord-occidental (1932). J. Favre (1948) s'est attaché à en décrire les associations fongiques. W. Matthey (1964), par son étude des associations végétales de la tourbière du Cachot et de leur dynamique, porte un coup définitif, semble-t-il, à la notion de renouvellement cyclique de la végétation du haut-marais.

Spinner fait œuvre de pionnier, en Suisse, par ses nombreuses études palynologiques (1926 a, 1926 b, 1927, 1930, 1932) portant sur plusieurs marais de la vallée de la Brévine. Enfin, J. P. Jéquier (1962), dans un travail non publié, donne les résultats de l'analyse pollinique de trois sondages effectués dans la tourbière du Cachot.

3. La station étudiée

Les coordonnées de notre point de sondage sont: 542.050/206.450. Nous sommes dans la partie Sud-Est de la tourbière du Cachot. Nous avons prélevé nos échantillons à la main, sur une profondeur de 310 cm, dans un mur d'exploitation après en avoir rafraîchi la coupe aussi soigneusement que possible. De 310 cm à 500 cm, nous avons fait nos prélèvements à la sonde qui refuse, en trois endroits, de descendre au-dessous de cette limite.

Les sédiments traversés par notre sondage sont les suivants:

0 à 10 cm: Tourbe de haut-marais bien conservée. Beaucoup de racines peu décomposées. Couleur: brun–jaune-clair.

10 à 215 cm: Tourbe de haut-marais compacte, assez humide, comprenant de nombreux restes de racines et des débris de monocotylédones.

215 à 225 cm:	Tourbe de haut-marais plus décomposée que celle de la couche supérieure. Ni racines, ni restes apparents de monocotylédones. Couleur plus foncée.
225 à 340 cm:	Tourbe de bas-marais.
340 à 346 cm:	Niveau argileux stratifié; un peu de matière organique.
346 à 365 cm:	Tourbe très décomposée, très humifiée.
365 à 390 cm:	Limon argilo-calcaire. Un peu de matière organique.
390 à 410 cm:	Limon argilo-calcaire stratifié. Très peu de matière organique.
410 à 430 cm:	Limon argilo-calcaire stratifié. Un peu de matière organique.
430 à 500 cm:	Argile avec sable grossier et fragments calcaires atteignants 0,5 à 1 cm.

4. Essai de chronologie

A. Le Tardiglaciaire dans la vallée de la Brévine

Tous les échantillons provenant d'une profondeur supérieure à 430 cm ont révélé, malgré un examen attentif de nombreuses préparations, une absence complète de grains de pollen. Nous n'en sommes guère surpris puisque les sédiments correspondant à ces niveaux appartiennent, sans doute, à la moraine de fond.

De 430 à 410 cm, le diagramme montre une nette dominance du pin sur le bouleau. L'unique grain de *Corylus* présent au niveau 420 cm doit se trouver là par accident, la sonde l'ayant apporté d'un niveau supérieur. La part des espèces herbacées est relativement faible. Dans la strate arbustive, *Hippophaë rhamnoïdes,* typique du Tardiglaciaire, est représenté, alors que *Juniperus* ne tardera pas à apparaître. Entre 410 cm et 390 cm, nous constatons un changement dans la sédimentation qui s'appauvrit en matières organiques, une poussée des herbacées au détriment des espèces arborescentes, une extension des Graminées, des Cypéracées, d'*Artemisia,* des Chénopodiacées, la présence d'*Ephedra,* de *Selaginella* etc. Seraient-ce là les indices d'un climat plus rude coïncidant avec le Dryas récent? Gardons-nous d'être trop affirmatif sur ce point. De toute manière- au-dessous de 390 cm la part des arbres est trop importante pour que ces sédiments puissent être rattachés au Dryas ancien. Ils appartiennent donc soit à l'Alleröd, soit au Dryas récent, sans qu'il nous soit possible, hélas, d'être plus précis.

B. Le Postglaciaire dans la vallée de la Brévine

A partir de 390 cm, le noisetier s'installe dans la vallée, alors que le pin et le bouleau sont toujours bien représentés. Avec l'apparition de la courbe continue du noisetier, nous passons du Dryas récent au Préboréal. Entre 360 cm et 320 cm, notre diagramme montre une anomalie: le sapin, le hêtre et l'épicéa apparaissent pour s'éclipser un peu plus haut; il s'agit d'un accident de sondage.

Au-dessus de 350 cm, le pin achève sa longue période de dominance et le noisetier prend la relève. Nous entrons dans le Boréal.

Le passage du Boréal à l'Atlantique ancien, marqué par le croisement des courbes de la chênaie mixte ascendante et de la corylaie descendante, se situe à 295 cm. Or juste au-dessus, soit à 290 cm, nous nous trouvons en 4270 ± 100 ans a. C. n., à la fin de l'Atlantique ancien. Cela signifie que le marais ne s'est pas accrû pendant la majeure partie de cette période.

Compte tenu de la détermination d'âge absolu au radiocarbone 14, la transition de l'Atlantique ancien à l'Atlantique récent se fait aux environs de 280 cm. Dans la chênaie l'orme va décroître, le tilleul garde des valeurs relativement importantes et le frêne, en augmentation, s'achemine vers un petit maximum; le hêtre ne tardera pas à apparaître.

D'après la chronologie au C 14, donnant pour le niveau 250 cm un âge de 2880 ± 100 a. C. n., nous pouvons déduire que le passage de l'Atlantique ancien au Subboréal doit se situer un peu au-dessus, soit vers 235 cm. Le premier maximum d'*Abies* à 240 cm, appartient donc encore à l'Atlantique récent.

Le sapin blanc domine nettement jusqu'à 150 cm, à l'exception d'une poussée momentanée de *Fagus* entre 230 cm et 210 cm. Au-dessus de 150 cm, le hêtre connaît une très forte extension qui se prolonge jusqu'à 75 cm.

En l'absence d'un datage au radiocarbone 14, nous ne pourrons fixer qu'arbitrairement, sur notre diagramme, le niveau correspondant au passage du Subboréal au Subatlantique ancien. La fagabiétaie reste caractéristique de ces deux périodes. Le chaleur et la sécheresse qui, dans l'Europe septentrionale caractérisent le Subboréal, ne sont pas suffisantes, dans la vallée de la Brévine, pour produire de grands changements dans la végétation.

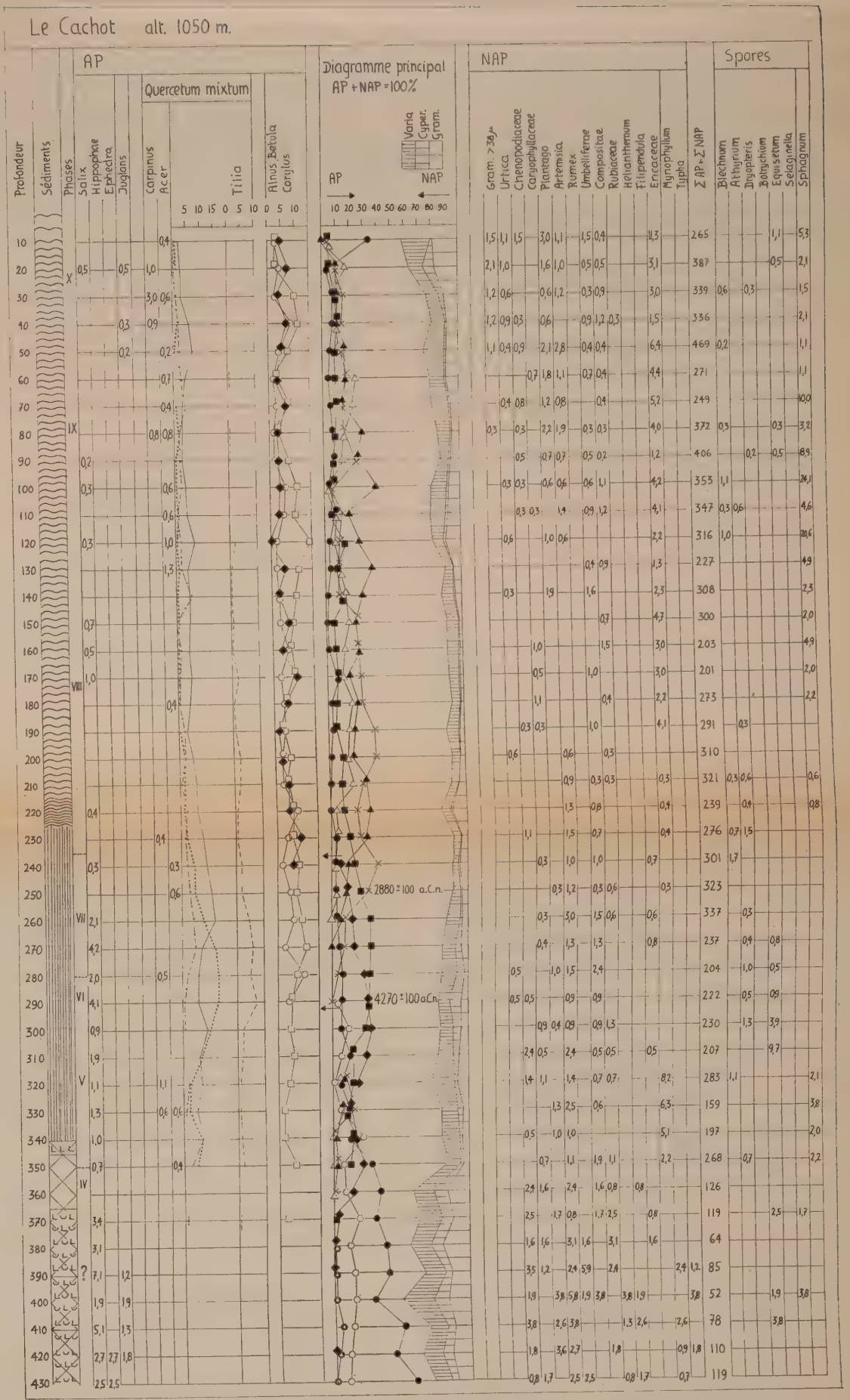
A 50 cm, les Graminées dont le pollen excède 38 microns de diamètre apparaissent, la part des espèces arborescentes diminue, le noyer est présent, autant de signes laissant supposer que notre vallée est habitée. Cette influence humaine n'est sans doute pas antérieure au Subatlantique récent.

5. Evolution de la végétation dans la vallée de la Brévine

A. Pendant le Tardiglaciaire

1. Dryas ancien inférieur: antérieur à 11 300 a. C. n.
2. Oscillation de Bölling: de 11 300 à 10 350 a. C. n.
3. Dryas ancien supérieur: de 10 350 à 10 000 a. C. n.

Les témoins habituels de la végétation de ces trois premières périodes sont totalement absents de notre diagramme. C'est là un trait commun à


Le Cachot alt. 1050 m.
AP
Quercetum mixtum
Diagramme principal
AP + NAP = 100%
NAP
Spores
Profondeur
Sédiments
Phases
Salix
Hippophae
Ephedra
Juglans
Carpinus
Acer
Tilia
Alnus Betula
Corylus
Varia
Cyper.
Gram.
AP
NAP
Gram. >38µ
Urtica
Chenopodiaceae
Caryophyllaceae
Plantago
Artemisia
Rumex
Umbelliferae
Compositae
Rubiaceae
Helianthemum
filipendula
Ericaceae
Myriophyllum
Typha
Σ AP+Σ NAP
Blechnum
Athyrium
Dryopteris
Botrychium
Equisetum
Selaginella
Sphagnum
2880 ± 100 a.C.n.
4270 ± 100 a.C.n.

tous les diagrammes publiés, à ce jour, pour la vallée de la Brévine. Pour Spinner, la base des tourbières correspond à une dominance du pin soit à l'état pur, soit associé au bouleau qui n'est d'ailleurs que faiblement représenté. Il en est de même pour les trois sondages de Jéquier qui ne remontent pas au-delà du Préboréal.

Ces résultats sont trop convergents pour ne pas admettre une formation relativement tardive des marais dans notre haute vallée. Nous avons vu qu'Aubert (1965) pense que la vallée de la Brévine fut occupée, pendant la glaciation würmienne, par une petite calotte de glace. Il est vraisemblable que l'épaisseur en était suffisante pour permettre à d'importants lambeaux de glace morte de subsister sur le fond de la vallée, pendant le Tardiglaciaire. Il est possible qu'une couverture végétale ait existé, pendant ce temps, sur les flancs du synclinal, toutefois les grains de pollen qu'elle était capable de produire n'auront pas pu se conserver et se sédimenter là où se trouvent les tourbières actuelles.

4. Alleröd: de 10 000 à 8800 a. C. n.

Nous avons remarqué, à la page 25, qu'il était difficile d'attribuer les sédiments les plus inférieurs du Cachot à l'Alleröd plutôt qu'au Dryas récent. Néanmoins, le pourcentage important de grains de pollen appartenant aux espèces arborescentes (près de 70 %) que nous trouvons à la base de notre diagramme, nous amène à penser que c'est vers le milieu de l'Alleröd que les premiers pollens ont pu être sédimentés et conservés dans notre station. A ce moment, le pin est, de loin, l'essence la mieux représentée.

5. Dryas récent: de 8800 à 8200 a. C. n.

Tout en gardant en mémoire les incertitudes mentionnées au paragraphe précédent, nous pouvons imaginer qu'une légère dégradation du climat provoque une diminution de la part des arbres parmi lesquels le bouleau tend à s'étendre et le pin à régresser. Le genévrier connaît un maximum d'extension. Bertsch (1961 b) a montré que dans le Sud-Ouest de l'Allemagne, cette espèce se développe bien, pendant le Dryas récent, par suite d'un éclaircissement de la forêt. Wegmüller (1966) met en évidence le même phénomène, quoique de façon atténuée, dans le Jura méridional et la disparition de *Juniperus* coïncide, dans ses diagrammes, avec le début du Préboréal. Ces caractéristiques paraissent se retrouver au Cachot. Quelques *Rumex* s'infiltrent dans la forêt clairsemée et les espèces «pionnières» apparaissent ou prennent davantage d'importance: Chenopodiacées, *Helianthemum, Artemisia, Ephedra.*

6. Préboréal: de 8200 à 6800 a. C. n.

Le réchauffement du climat permet le développement d'essences plus thermophiles: *Corylus* s'installe dans la vallée, suivi de près par la chênaie dont l'orme est l'espèce la plus caractéristique, au début. A la fin de la période, le pin achève sa dominance, le bouleau perd de son importance et

les espèces herbacées accusent un net recul. La tourbe de bas-marais commence à se former, dans la tourbière du Cachot.

Il faut remarquer qu'au moment où le noisetier apparaît, la part des espèces herbacées est encore importante, ce qui était aussi le cas dans la vallée des Ponts. Zoller (1960 b), se fondant sur les observations de Welten (1958 a) dans les Alpes bernoises et le Valais, a mis en évidence, au Tessin, une dégradation climatique appelée «oscillation de Piottino». Cette phase froide dure de 8100 à 7700 a. C. n. et correspond, par conséquent, au Préboréal moyen. Elle a été retrouvée par Beug (1964) dans la région du lac de Garde et, plus récemment, par Behre (1966) en Frise orientale, à une cinquantaine de kilomètres à l'ouest d'Oldenburg. En Norvège occidentale, enfin, dans la région du Hardangerfjord, Anundsen et Simonsen (1967) ont constaté une avance des glaciers, datant de la même période.

Il se pourrait, dès lors, que ce refroidissement du climat affectant l'Europe tant moyenne que septentrionale pendant le Préboréal, se traduise, dans le Haut-Jura central, par un retard dans l'apparition massive des espèces arborescentes. La rigueur des conditions hivernales de nos hautes vallées a peut-être contribué à accentuer ce phénomène.

7. Boréal: de 6800 à 5500 a. C. n.

Le noisetier domine. Sur nos préparations microscopiques, les grains de pollen qui, jusqu'alors étaient rares, deviennent beaucoup plus nombreux. La chênaie mixte se développe, l'orme et le chêne (le tilleul à un moindre degré) en étant les représentants les plus caractéristiques. Les Graminées et les Cypéracées sont en forte diminution. Notons que le pourcentage relativement important de *Sphagnum* et des Ericacées apparaissant pendant le Boréal est dû, au même titre que la présence d'*Abies*, de *Fagus* et de *Picea*, à l'«accident» dont nous avons fait mention à la page 25. Ces espèces ne peuvent, en aucun cas, être considérées comme typiques du Boréal de la vallée de la Brévine.

8. Atlantique ancien: de 5500 à 4000 a. C. n.

Au début, la corylaie recule alors que la chênaie mixte est en pleine expansion. L'orme est dominant, suivi d'assez près par le chêne, puis, enfin, par le tilleul dont le maximum absolu (7,5 % de l'ensemble des grains de pollen) se situe en 4270 ± 100 a. C. n., soit vers la fin de l'Atlantique ancien. Pendant cette période, la courbe continue d'*Abies* se forme, mais ce n'est qu'à la fin de la période suivante qu'elle prendra quelque importance.

9. Atlantique récent: de 4000 à 2500 a. C. n.

Prépondérance toujours, au début, de la chênaie mixte, au sein de laquelle l'orme s'efface devant le chêne. Le frêne qui est présent de manière continue depuis le début de l'Atlantique ancien passe par un maximum, tout en restant subordonné au tilleul. L'érable et le charme n'apparaissent

que de façon sporadique. Le hêtre se manifeste, pour la première fois dans la vallée de la Brévine et son installation est, d'emblée, définitive. Il en est de même pour l'épicéa. Le sapin blanc prend une importance considérable à la fin de cette période.

Zoller (communication orale) se demande si, dans le fond des hautes vallées jurassiennes connues pour leurs conditions hivernales particulièrement rigoureuses, l'épicéa n'aurait pas succédé à la chênaie mixte, le sapin blanc colonisant plutôt les versants. Notre diagramme montre, en effet, que l'apparition de *Picea* coïncide, à 260 cm, avec la décroissance de la chênaie mixte; il en va de même dans le diagramme de Sous-Martel-Dernier vers 160 cm, ainsi que dans celui que Wegmüller (1966) a établi pour la vallée de Joux. Il est bien évident qu'il s'agit d'une hypothèse puisqu'il est hélas impossible de savoir, lors des analyses, si les grains de pollen proviennent de la station étudiée ou des environs de celle-ci.

10. Subboréal: de 2500 à 800 a. C. n.

La fagabiétaie caractérise cette période avec un important développement du hêtre, dès le début. *Abies* et *Fagus* domineront tour à tour. *Picea* qui a fait sa première apparition pendant l'Atlantique récent est bien implanté. Le bas-marais fait place au marais bombé dans la tourbière du Cachot, preuve d'une humidité suffisante pour permettre le développement des sphaignes.

11. Subatlantique ancien: de 800 a. C. n. à 1000 p. C. n.

Comme pendant la période précédente, la fagabiétaie reste l'association dominante, le sapin étant, au début, subordonné au hêtre. Vers la fin, reprise d'*Abies* et surtout de *Picea* qui, entre 55 cm et 75 cm de profondeur, passe par une courte phase de dominance. Il convient de remarquer aussi la présence de nombreuses spores de Filicinées.

12. Subatlantique récent: de 1000 p. C. N. à nos jours

L'installation à demeure de l'homme, dans la vallée de la Brévine, se traduit, sur notre diagramme, par un recul des espèces arborescentes au profit des espèces herbacées. C'est la conséquence du déboisement et de l'établissement des pâturages, responsables de l'augmentation du nombre de pollens de Graminées (sauvages et cultivées), de plantain, d'Ombellifères. Tout à la fin, on assiste à une forte poussée puis à un recul de l'épicéa qui, en surface, est subordonné au pin.

6. Commentaires

Il nous paraissait d'autant plus intéressant d'effectuer des analyses polliniques sur du matériel provenant de la tourbière du Grand Cachot que Spinner, en 1926, y appliquait, pour la première fois en Suisse, cette méthode d'étude de l'évolution paléosylvatique. Dans cette première publi-

cation, SPINNER notait, pour la base de la tourbe, soit à la profondeur de 5 m, dans le sondage qu'il avait fait: 100 % de pollen de pin; pas trace de bouleau qui, dans son diagramme, n'apparaît qu'à 230 cm. Le noisetier n'est représenté — et très sporadiquement — qu'à partir de 420 cm. Brusquement, à 300 cm, la part de pin tombe à 2 %, alors que celle du sapin blanc, nulle jusque-là, est tout à coup de 100 %.

Reprenant plus à fond cette étude, SPINNER publiait, la même année, des résultats portant sur l'analyse de tourbes prélevées en 7 endroits différents de la même tourbière. A la base, la répartition moyenne du pollen des différentes espèces était la suivante: *Pinus,* 70 %, *Betula,* 2 à 30 %, un peu de *Corylus.* Apparaissent un peu plus tard *Tilia* et peut-être *Quercus.* Ensuite, *Abies* devient dominant, avec 70 %. Il est intéressant de constater que ces données concordent à peu près avec les nôtres, pour ce qui est de la base du diagramme.

Il est étonnant, à première vue du moins, de constater, dans les diverses stations étudiées par SPINNER, que de sensibles différences apparaissent dans les résultats, à la base des sondages, suivant l'endroit où ils ont été faits. Nous pensons que cela est en rapport direct avec le niveau de base de la dépression où s'est formé le marais. Les marais peu profonds ont peut-être connu, pendant le Boréal, des phases d'assèchement ayant empêché la conservation des grains de pollen, alors que dans les marais plus profonds, leur sédimentation et leur fossilisation furent normalement assurées. Il est d'ailleurs très probable que ces phases d'assèchement ont alterné avec des phases d'inondation. Le petit niveau d'argile stratifiée compris, dans notre sondage, entre 340 et 346 cm, nous paraît en être la preuve. Il se retrouve également, pendant le Boréal, dans les diagrammes de JEQUIER. BURGER (1959, p. 189) fait remarquer que dans la vallée de la Brévine, des phénomènes hydrologiques de surface, dus au ruissellement superficiel d'une part, à l'insuffisance des voies d'écoulement karstique d'autre part, peuvent provoquer des inondations catastrophiques, telles qu'on en observa en janvier 1955, par exemple. De véritables lacs se forment dans la vallée, en plus du lac des Taillères. Cette année-là, il se forma dans la dépression du Cachot un lac de 3,4 km de longueur et d'une profondeur maxima de 13 m. La nappe d'eau atteignit la cote de 1055 m. Au cours de ces inondations, des phénomènes de résurgence se manifestent. Nous nous demandons s'ils ne peuvent pas être tenus pour responsables d'anomalies dans la sédimentation.

Résumant les observations palynologiques recueillies pendant de nombreuses années, SPINNER (1932, p. 170 et ssq.) retrace l'évolution postglaciaire de la végétation dans la vallée de la Brévine. Il est curieux de voir qu'il n'y décèle pas un âge du noisetier, caractéristique pourtant du Boréal. *Corylus,* selon lui, n'excède pas 20 % de l'ensemble du pollen des espèces arborescentes. S'il est vrai que la part du noisetier paraît moins importante

dans la vallée de la Brévine que dans les régions avoisinantes, nous obtenons tout de même, pour cette espèce, un maximum absolu de 60 % (en comptant, comme SPINNER, le pollen de noisetier à part de celui des autres arbres). Remarquons enfin que si, dès la fin de l'Atlantique, la fagabiétaie devient dominante tant pour SPINNER que pour nous, le hêtre prend davantage d'importance, spécialement au Subatlantique ancien, dans notre diagramme que dans les siens.

En 1962, J. P. JÉQUIER étudiait, quant à leur composition palynologique, les échantillons de trois sondages effectués dans la tourbière du Cachot. Le premier, fait dans la bordure Nord-Ouest de la tourbière, s'est avéré inutilisable, la plupart des grains de pollen étant très mal conservés.

Le second diagramme de JÉQUIER et le nôtre concordent parfaitement, à la différence que la base du sien date de la fin du Préboréal, alors que nous remontons probablement à l'Alleröd. La succession habituelle, pin — noisetier — chênaie mixte y apparaît clairement, alors que SPINNER négligeait la corylaie et n'attribuait que peu d'importance à la chênaie, pour la bonne raison que les sédiments correspondant à ces phases de végétation devaient manquer dans les stations qu'il avait étudiées.

Le troisième diagramme de JÉQUIER ressemble fort à ceux de SPINNER, et l'on y retrouve ce passage, presque sans transition, de l'âge du pin à l'âge du sapin, *Corylus* et le *Quercetum mixtum* étant nettement sous-représentés. JÉQUIER explique le phénomène par une hypothèse séduisante et à laquelle nous sommes prêts à nous rallier: «Le téléscopage des âges du Pin et du Sapin et l'effacement plus ou moins marqué de la Chênaie mixte dénotent une véritable ‹crise de croissance› des tourbières jurassiennes durant l'époque boréale et le début de l'époque atlantique» (p. 17). C'est le cas, dans notre diagramme du Cachot, tout au moins pour une partie de l'Atlantique ancien.

On aura donc toujours intérêt, pour peu que l'on tienne à retracer l'histoire de la végétation pendant le Boréal et l'Atlantique ancien, à ne fixer son attention que sur des marais dont le niveau de base soit aussi bas que possible; ils seraient seuls susceptibles d'avoir échappé à ces phases d'assèchement.

Chapitre III

Le bassin de Noiraigue

1. Aperçu géographique et géologique

D'une altitude de 730 m environ, le bassin de Noiraigue est limité, au Nord, par la Côte de Rosières, qui le sépare de la vallée des Ponts, et, au Sud, par la Côte de Rhortier. Ces côtes, dont les roches appartiennent au Malm, forment les deux flancs d'un même anticlinal, celui de Solmont.

Si, géographiquement, le bassin de Noiraigue fait partie intégrante du Val-de-Travers, il s'en sépare au point de vue géologique. Le synclinal crétacique dans lequel coule l'Areuse, en amont de «Sur-le-Vau», se prolonge, tout en s'élevant, en direction des Œillons, au Sud de notre bassin. Le bassin de Noiraigue, vallon d'érosion, forme une vallée anticlinale taillée dans le cœur même de la voûte de Solmont par l'Areuse qui, incapable évidemment de remonter vers les Œillons, s'est ouvert une voie plus septentrionale, par la cluse du Vanel. La rivière retrouvera ensuite le synclinal qu'elle avait quitté à «Sur-le-Vau», en aval de Noiraigue, à partir du Saut de Brot, pour l'abandonner à nouveau un peu en amont de Combe Garot et s'écouler, à travers la chaîne du lac, en direction de Boudry.

Le bassin de Noiraigue est occupé par une moraine de fond, argileuse, à galets, recouverte d'une épaisseur considérable de sédiments lacustres; le lac qui leur a donné naissance a permis, en se retirant, la formation de tourbe de bas-marais surmontée, en un point seulement, de tourbe de haut-marais (où se trouve notre station de Noiraigue II).

2. Historique des études portant sur le marais de Noiraigue

Par sa superficie, le haut-marais de Noiraigue occupe une place modeste parmi les formations analogues du Jura; aussi n'a-t-il jamais, avant nous, intéressé les palynologistes. Ce marais n'a toutefois pas été totalement négligé au point de vue floristique, car il s'est trouvé dans le champ d'étude de quelques auteurs tels que C. Wirth (1914), A. Graber (1923) et, plus récemment, M. Moor et U. Schwarz (1957).

Notons enfin que J. Favre (1948), recueillant des observations sur les associations fongiques des haut-marais jurassiens, s'est rendu à deux reprises dans la tourbière de Noiraigue.

3. Les stations étudiées

Le premier sondage que nous avons fait dans la région de Noiraigue et que nous désignerons par l'appellation de Noiraigue I, nous a révélé, à l'analyse, que ni les couches les plus jeunes, ni les plus anciennes n'ont été atteintes. Cela nous a amené à procéder à deux sondages supplémentaires: Noiraigue II (pour les couches les plus récentes) et «Sur-le-Vau» (pour les plus anciennes).

Station 1: Noiraigue I

Situé au lieu-dit «Les Champs au Gaz», à quelque 500 m au Sud-Ouest de la gare de Noiraigue, notre point de sondage a les coordonnées suivantes: 545.175/200.350. A cet endroit, le fond du vallon est absolument plat. Les sédiments rencontrés par le sondage sont, de haut en bas:

0 à 10 cm:	Tourbe de bas-marais compacte.
10 à 30 cm:	Craie lacustre.
30 à 40 cm:	Craie lacustre et quelques traces de tourbe.
40 à 960 cm:	Craie lacustre plus ou moins riche en fragments de coquillages.
960 à 1000 cm:	Limon argilo-calcaire. Couleur: gris-bleu.

Nous n'avons pas pu faire descendre la sonde au-dessous de 1000 cm, mais nous ne doutons pas que le limon lacustre puisse former, au-dessous de cette limite, des dépôts d'une ampleur peut-être considérable.

Station 2: Noiraigue II

Ce sondage a été effectué dans la forêt sur tourbe occupant le fond de la plaine de Noiraigue, à environ 800 m à l'Ouest de la gare CFF. Les coordonnées de la station sont: 544.875/200.550. Les prélèvements ont été faits à la sonde et intéressent les formations suivantes:

0 à 10 cm:	Tourbe de haut-marais peu décomposée.
10 à 30 cm:	Tourbe de haut-marais très décomposée.
30 à 35 cm:	Tourbe de haut-marais peu décomposée.
35 à 80 cm:	Tourbe de haut-marais très décomposée.
80 à 90 cm:	Tourbe de haut-marais moins décomposée.
90 à 130 cm:	Tourbe de haut-marais très décomposée.
130 à 142 cm:	Tourbe de bas-marais.
142 à 153 cm:	Craie lacustre avec traces de tourbe.
153 à 250 cm:	Craie lacustre avec débris de coquillages.

Il nous eût été possible de descendre au-dessous de 250 cm; nous nous en sommes abstenu, car seules les couches postérieures aux plus jeunes de Noiraigue I nous intéressaient.

Station 3: «Sur-le-Vau»

Le sondage de Noiraigue I ne remontant pas au-delà du Préboréal, mais sa base se trouvant déjà dans le limon lacustre, il fallait tenter d'atteindre des sédiments plus anciens. Burger (1959, p. 76) relate que les travaux de

fondation du nouveau pont de «Sur-le-Vau» ont fait apparaître, sous trois mètres de craie lacustre et deux mètres de limon bleu, la moraine de fond. Nous avons essayé de faire un sondage à cet endroit: il y avait trop d'eau, les risques de mélange de sédiments étaient trop grands. Profitant du niveau très bas de l'Areuse, nous avons pu sonder, dans de bonnes conditions, à 100 m en amont du nouveau pont, dans le lit même de la rivière. A ce point, dont les coordonnées sont 543.300/199.550, nous avons prélevé 540 cm de sédiments:

0 à 240 cm:	Sable grossier, graviers, alluvions récentes.
240 à 295 cm:	Limon argilo-calcaire de couleur bleue.
295 à 303 cm:	Limon argilo-calcaire mêlé à du sable fin.
303 à 384 cm:	Limon argilo-calcaire de couleur bleue.
384 à 395 cm:	Limon argilo-calcaire mêlé à du sable fin.
395 à 485 cm:	Limon argilo-calcaire de couleur bleue.
485 à 495 cm:	Limon bleu + sable.
495 à 513 cm:	Limon argilo-calcaire de couleur bleue.
513 à 520 cm:	Limon bleu + sable.
520 à 540 cm:	Moraine de fond.

4. Essai de chronologie

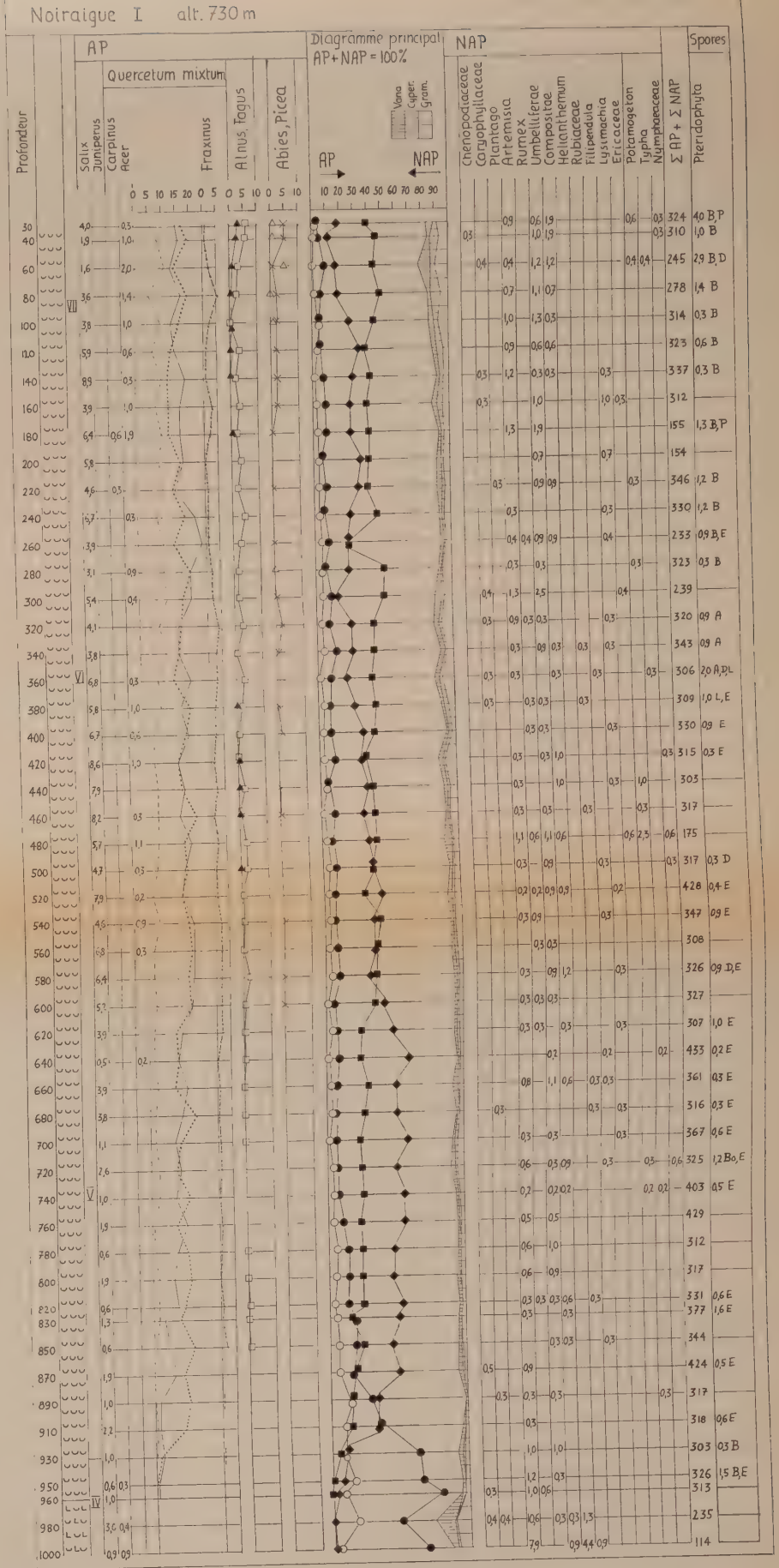
A. Noiraigue I

La base du diagramme, caractérisée par une très nette dominance du pin sur le bouleau, appartient, sans aucun doute, au Préboréal. Le noisetier est présent, mais sa faible proportion permet de supposer que nous sommes, à 1000 cm, au début du Préboréal, ce que paraît encore confirmer la part relativement importante des herbacées et, notamment, d'*Artemisia.* La limite entre le Dryas récent et le Préboréal doit se trouver dans le limon lacustre, peu au-dessous de 1000 cm.

A partir de 930 cm, la brusque et massive extension de *Corylus,* accompagnée d'une forte régression de *Pinus,* marque le début du Boréal.

Dans le Nord-Ouest de l'Europe, Firbas (1949) fait coïncider la fin du Boréal avec une extension d'*Alnus* pour certaines régions, avec une montée de *Tilia* pour d'autres. Dans les Alpes, Welten (1952, p. 81) fixe la limite entre Boréal et Atlantique sitôt après un petit sommet secondaire de pin, faisant suite à la grande décroissance de cette essence. Ce sommet secondaire de pin n'existe pas, dans notre diagramme, et une montée spectaculaire de *Tilia* pas davantage. Par contre, vers 580 cm, le noisetier achève sa dominance, sa courbe et celle de la chênaie mixte en croissance viennent de se croiser. C'est aux environs de ce niveau que nous fixerons, approximativement, la fin du Boréal.

Se fondant sur quelques analyses au radiocarbone 14, Wegmüller (1966, p. 107) fait coïncider, dans le Jura méridional, le début de l'Atlantique


Noiraigue I alt. 730 m
Profondeur
AP
Quercetum mixtum
Salix
Juniperus
Carpinus
Acer
Fraxinus
Alnus, Fagus
Abies, Picea
Diagramme principal
AP + NAP = 100%
Vana
Cyper.
Gram.
AP
NAP
NAP
Chenopodiaceae
Caryophyllaceae
Plantago
Artemisia
Rumex
Umbelliferae
Compositae
Helianthemum
Rubiaceae
Filipendula
Lysimachia
Ericaceae
Potamogeton
Typha
Nymphaeaceae
Σ AP + Σ NAP
Spores
Pteridophyta

récent avec l'apparition de la courbe continue de *Fagus*. En reprenant la même limite, c'est à 140 cm qu'il nous faudrait fixer le passage de l'Atlantique ancien à l'Atlantique récent.

La période boréale dure de 6800 à 5500 a. C. n., soit 1300 ans. L'épaisseur de craie lacustre correspondante est, pour notre station, de 350 cm (de 930 cm à 580 cm). Cela représente un dépôt annuel moyen de $\frac{3500 \text{ mm}}{1300 \text{ ans}}$ = 2,7 mm.

L'Atlantique ancien englobe 1500 ans (de 5500 à 4000 a. C. n.) et les sédiments qui se déposent, pendant ce temps, forment une couche de 440 cm (de 580 à 140 cm). Le dépôt annuel moyen serait, par conséquent, de $\frac{4400 \text{ mm}}{1500 \text{ ans}}$ = 2,9 mm.

En admettant que la sédimentation se poursuive au même rythme pendant tout l'Atlantique récent, soit pendant 1500 ans, il faudrait imaginer un dépôt de même épaisseur, pour cette période que pour la précédente, soit 440 cm. En ajoutant cette valeur à 140 cm, niveau marquant la fin de l'Atlantique ancien, nous arriverions à 300 cm au-dessus du niveau actuel de la plaine! Il faut donc en conclure que la disparition du lac date de l'Atlantique récent. Efforçons-nous de préciser cette date, en nous basant toujours sur la vitesse de sédimentation. Les premiers dépôts tourbeux de notre sondage apparaissent à la profondeur de 40 cm. Ils correspondent, sans doute, à la fin de l'épisode lacustre dans le vallon de Noiraigue. 100 cm de craie lacustre (de 140 cm à 40 cm) séparent le début de l'Atlantique récent de la disparition du lac. A la vitesse moyenne de sédimentation de 2,9 mm par an, cela représente $\frac{1000 \text{ mm}}{2{,}9 \text{ mm/an}}$, soit 344 ans. Il nous faudrait donc admettre que le lac du Val-de-Travers achève de se combler (ou de se vider!), dans la 344me année de l'Atlantique récent, soit en 3656 a. C. n. (4000—344).

B. Noiraigue II

La moitié inférieure du diagramme correspond à l'extension la plus grande de la chênaie mixte, c'est-à-dire à la période atlantique. Si, comme dans le cas de Noiraigue I, nous faisons coïncider l'apparition de la courbe continue de *Fagus* avec le passage de l'Atlantique ancien à l'Atlantique récent, nous fixons cette limite à 190 cm.

Le lac disparaît au début de l'Atlantique récent, ainsi que vient le confirmer l'analyse au radiocarbone 14 des premiers dépôts tourbeux.

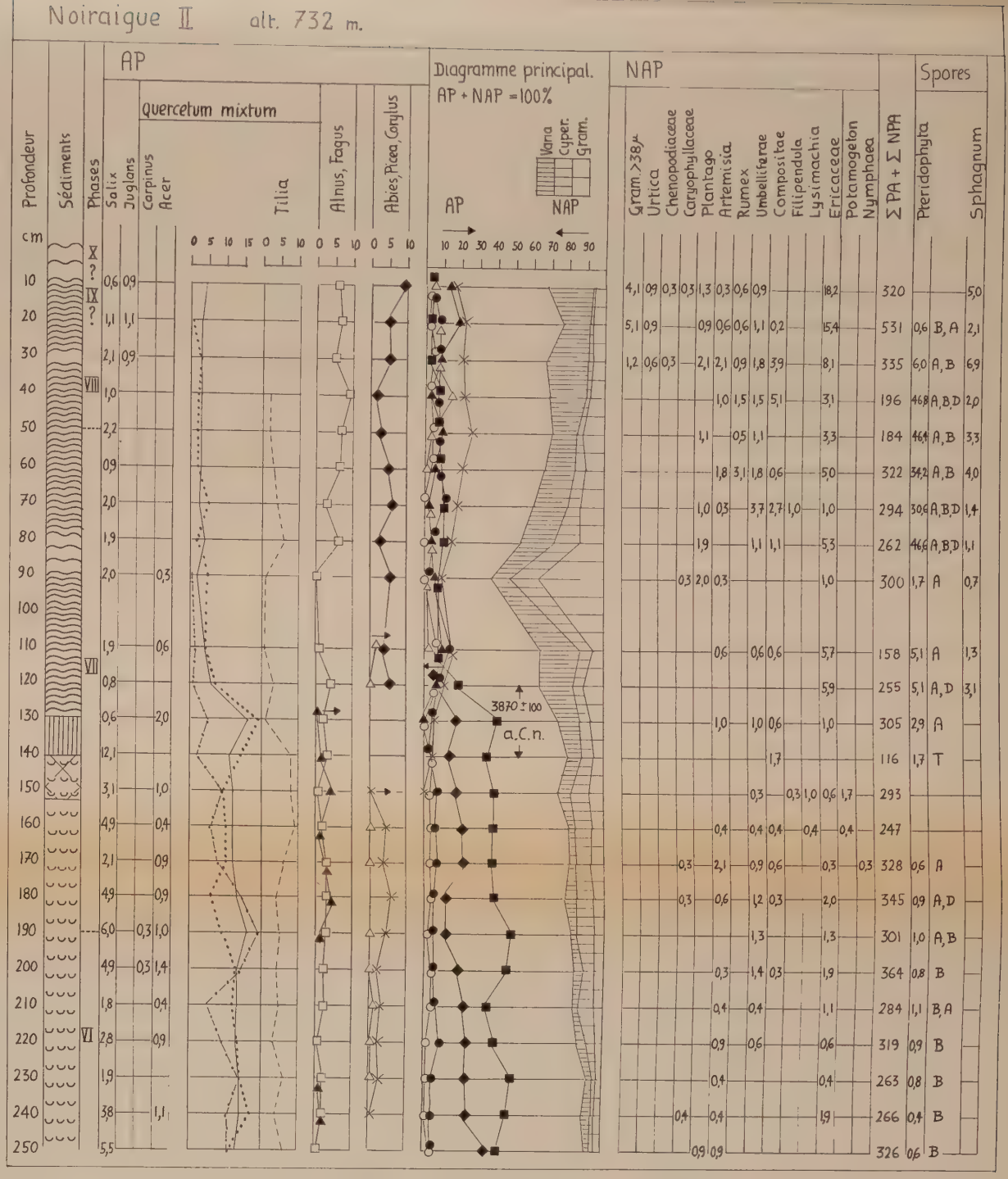
A 115 cm, le sapin blanc supplante la chênaie mixte (croisement des deux courbes). C'est au-dessus de ce niveau que doit se situer le passage de l'Atlantique récent au Subboréal, sans qu'il soit possible de le préciser davantage. Tout au plus, par analogie avec ce que nous avons observé dans la vallée des Ponts, où la transition de la phase VII à la phase VIII correspond à une première expansion de l'épicéa dans la fagabiétaie et pré-

cède, de peu, la fin de la courbe continue du tilleul, pourrions-nous situer le début du Subboréal aux environs de 50 cm. Entre 110 cm et 80 cm, l'état de conservation des pollens est très mauvais et nous avons même dû renoncer à considérer comme valable l'analyse de l'échantillon prélevé à 100 cm, tant la corrosion des grains y était forte.

Il est curieux de constater qu'à la fin de l'Atlantique récent et au début du Subboréal, les espèces arborescentes passent par une phase de régression alors que les herbacées, et tout spécialement les Graminées sauvages s'étendent. Il serait tentant de voir là l'horizon limite ou «Grenzhorizont» des auteurs allemands selon lesquels les tourbières marquent un temps d'arrêt dans leur croissance et une corrosion de leur surface pendant le Subboréal, précisément. Ni Ischer (1935), ni Spinner (1932) n'ont retrouvé la trace de cet horizon limite qu'ils ont pourtant bien recherché. Firtion (1950, p. 54) pense l'avoir repéré dans quelques tourbières jurassiennes, mais il le situe au Subatlantique et non au Subboréal. Nous pensons que le cas de notre diagramme est trop isolé pour pouvoir être attribué à autre chose qu'à des conditions locales particulières ayant suivi la disparition du lac du Val-de-Travers. Peut-être le niveau de la nappe phréatique du vallon de Noiraigue s'est-il abaissé, l'Areuse creusant son lit toujours plus profondément dans le bouchon morainique situé à l'entrée des gorges.

L'abondance des Filicinées, entre 90 cm et 40 cm, est à mettre en relation avec l'extension de la forêt de sapin.

Aucun fait saillant ne permet de fixer le passage du Subboréal au Subatlantique ancien, si même les sédiments de cette phase et de la suivante existent ici. Les restes archéologiques, si utiles pour fixer avec certitude une chronologie, ne nous sont, ici, d'aucun secours. Vouga (1943, p. 231) mentionne une hachette de pierre et une pointe de lance cassée découverte dans des graviers, à Noiraigue, une monnaie romaine trouvée aux Verrières (p. 239) et relate la mise à jour, plus ou moins hypothétique, de monnaies romaines d'or et d'argent (?) à Couvet (p. 215). La plus belle trouvaille est, sans aucun doute, la magnifique fibule dont Wolfgang Dehn (1966, p. 137 et ssq.) donne une savante description. Du type «Doppelvogelkopffibel», cette pièce est rattachée, par Dehn, au premier âge de la Tène, tout de suite après la période de Hallstatt, soit au Ve siècle a. C. n. Les documents archéologiques trouvés dans le Val-de-Travers sont, toutefois, trop isolés pour que l'on puisse admettre une population régulièrement fixée dans la région, avant une période récente. F. Loew (1954, p. 13), dans son beau travail sur les Verrières, fait remarquer: «Cette région fut habitée très tard, de même que tout le haut Jura. Cependant, à treize kilomètres des Verrières, Pontarlier existait déjà du temps des Romains, car cette ville se trouvait sur la voie qui, par Jougne et le Grand Saint-Bernard, faisait communiquer le Sud et le Nord, tandis que le col des Verrières, établissant une liaison transversale entre l'Est et l'Ouest, n'eut


Noiraigue II alt. 732 m.
AP
Quercetum mixtum
Diagramme principal.
AP + NAP = 100%
NAP
Spores
Profondeur
Sédiments
Phases
Salix
Juglans
Carpinus
Acer
Tilia
Alnus, Fagus
Abies, Picea, Corylus
Vana
Cyper.
Gram.
Gram. >38µ
Urtica
Chenopodiaceae
Caryophyllaceae
Plantago
Artemisia
Rumex
Umbelliferae
Compositae
Filipendula
Lysimachia
Ericaceae
Potamogeton
Nymphaea
Σ PA + Σ NPA
Pteridophyta
Sphagnum
cm
3870 ± 100
a.C.n.

aucune importance jusqu'à la création des monastères du pied du Jura et de ses hautes vallées.» Si Saint-Claude et Romainmôtier existent déjà au Ve siècle, Saint-Jean, Fontaine-André et le prieuré de Vautravers (Môtiers) ne furent fondés qu'à la fin du XIe ou au début du XIIe (Loew). On peut donc penser que dans le Val-de-Travers, une population stable n'est venue se fixer que peu avant son établissement dans les hautes vallées des Ponts et de la Brévine.

Sur notre diagramme, les traces de végétation liée à la présence de l'homme (*Urtica*, Graminées cultivées par exemple) sont à rattacher au voisinage de la limite entre le Subatlantique ancien et le Subatlantique récent, à moins qu'il ne s'agisse d'infiltrations récentes, venues polluer des sédiments appartenant encore au Subboréal.

C. «Sur-le-Vau»

Dans les 280 cm de sédiments de cette station soumis à l'analyse pollinique, la part des espèces herbacées reste toujours très importante. La teneur en matières organiques du dépôt est insignifiante. Il semble que l'ensemble du sondage doive être rattaché au Dryas ancien. Nous avions pensé, primitivement, que l'extension de *Pinus*, à partir de 450 cm, aurait pu correspondre à l'Alleröd. M. Welten, à qui nous avons soumis un premier manuscrit de ce travail, croit plutôt qu'il faudrait attribuer l'ensemble des sédiments, au Dryas ancien supérieur. De fait, pendant l'Alleröd, l'extension de la forêt est généralement beaucoup plus importante qu'elle ne l'est ici. En adoptant le point de vue de Welten, il faudrait considérer les premiers sédiments lacustres du Val-de-Travers comme datant d'une période comprise entre 10 350 et 10 000 ans a. C. n.

Quoi qu'il en soit, si le diagramme de «Sur-le-Vau» nous permet d'affirmer l'existence d'un lac, dans le Val-de-Travers, dès le Tardiglaciaire, il nous faut rester très prudent dans l'estimation des limites précises de ce temps, et ceci d'autant plus que l'état de conservation des pollens est loin d'être toujours excellent.

5. Evolution de la végétation dans le vallon de Noiraigue

A. Pendant le Tardiglaciaire

1. Dryas ancien inférieur: antérieur à 11 300 a. C. n.
2. Oscillation de Bölling: de 11 300 à 10 350 a. C. n.
3. Dryas ancien supérieur: de 10 350 à 10 000 a. C. n.
4. Alleröd: de 10 000 à 8 800 a. C. n.
5. Dryas récent: de 8 800 à 8 200 a. C. n.

Nous sommes dans l'impossibilité de dire quoi que ce soit de la végétation du Dryas ancien inférieur et de l'oscillation de Bölling. Ainsi que l'on vient de le voir, les premiers dépôts lacustres reposant sur la moraine de fond, à «Sur-le-Vau», semblent remonter au Dryas ancien supérieur et les pollens des plantes ayant pu exister, dans notre région avant cette époque, n'ont, en aucun cas, été conservés.

Quand se forme le lac du Val-de-Travers, quelques arbres existent sur les flancs du vallon de Noiraigue sans que l'on puisse parler d'une forêt, ainsi qu'en fait foi le pourcentage très élevé des espèces herbacées que nous trouvons à la base du diagramme de «Sur-le-Vau». Les Graminées et les Cypéracées sont abondantes, alors que les Chénopodiacées, *Helianthemum, Artemisia,* ne sont que faiblement représentés. Le pin est l'arbre dominant. Vers la fin de cette période, le genévrier, les saules sont mieux implantés et les arbres, dans leur ensemble, prennent davantage d'importance.

B. Pendant le Postglaciaire

6. Préboréal: de 8200 à 6800 a. C. n.

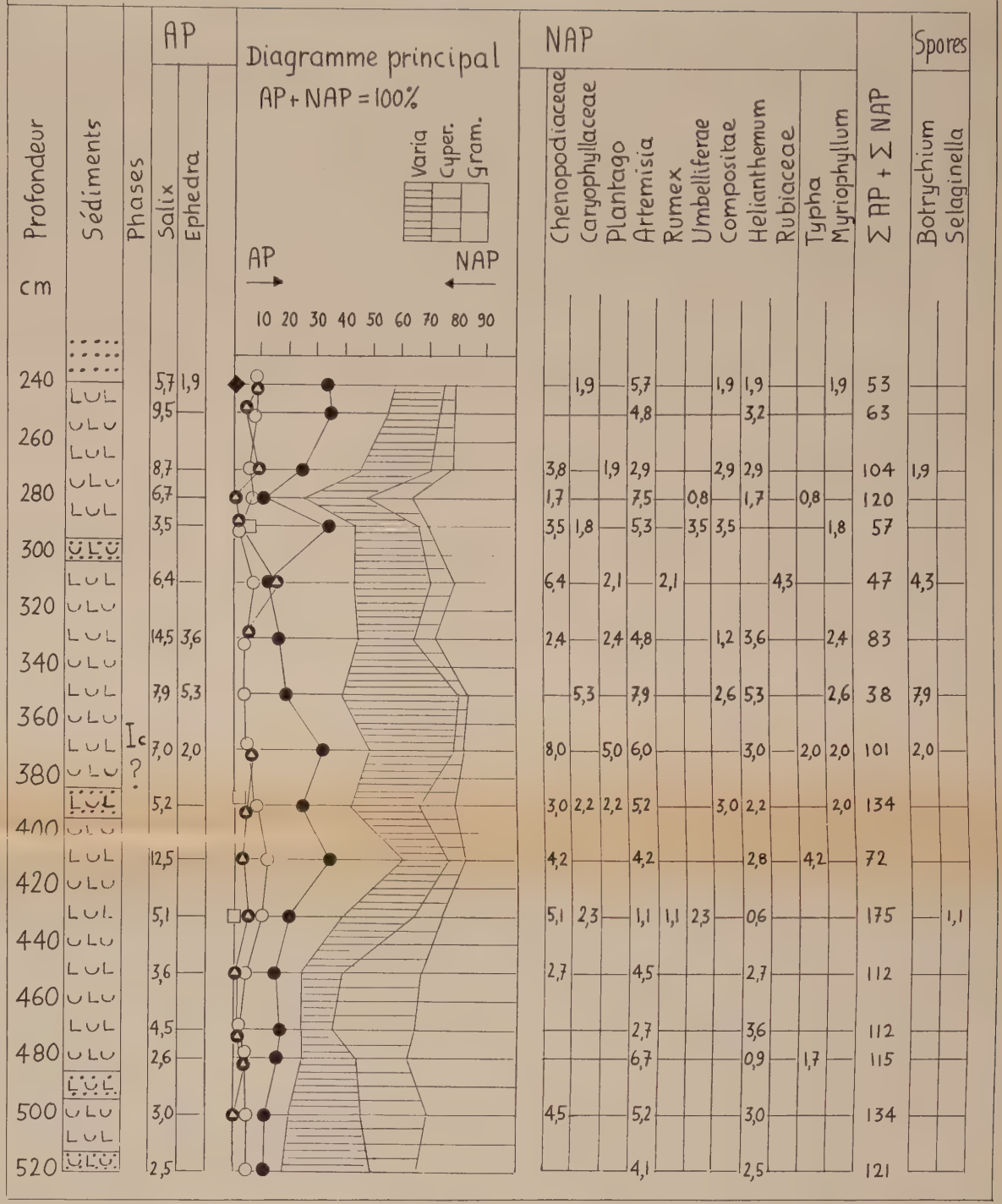
Le noisetier, qui apparaît, reste d'une importance relativement faible. Le part des herbacées connaît, pour la dernière fois, quelque développement tout en étant sensiblement moindre qu'elle ne le fut pendant le Tardiglaciaire. A la fin du Préboréal, le bouleau passe par une phase d'expansion aux dépens du pin et, si la chênaie mixte se manifeste, sa vraie extension ne date que de la période suivante.

7. Boréal: de 6800 à 5500 a. C. n.

Les sédiments déposés pendant cette période ont une épaisseur de l'ordre de trois mètres et demi, et, la craie lacustre dont ils sont constitués assurant une excellente conservation des grains de pollen, il devient possible, dès cet âge, de retracer avec plus de détails l'histoire de la végétation. L'événement saillant de la période est la forte extension du noisetier et parallèlement mais à un moindre degré, de la chênaie mixte. Dès le début du Boréal, le pin régresse et le bouleau suivra, après une courte reprise. Dans la chênaie, l'orme et le chêne apparaissent presque simultanément et leurs courbes sont d'emblée continues. Par contre, le tilleul et, un peu plus tard, le frêne sont, au début, sporadiques et faiblement représentés. L'orme domine nettement dans le première moitié du Boréal et, dans la seconde, il est rejoint par le chêne; dès lors, chacune des deux espèces dominera, alternativement, à plusieurs reprises.

Alnus fait deux apparitions: la première, de courte durée, suit de près la fin de la dominance du pin, la seconde commence au moment où le noisetier passe par son développement le plus grand et se prolonge au-delà du Boréal.

Sur-le-Vau. alt. 728 m.



8. Atlantique ancien: de 5500 à 4000 a. C. n.

L'Atlantique ancien est caractérisé par la dominance de la chênaie mixte. Le chêne est, en général, le mieux représenté des éléments de la chênaie, bien qu'il lui arrive d'être occasionnellement subordonné à l'orme qui reste d'ailleurs toujours abondant. L'érable est régulièrement présent, mais en petite quantité, et le tilleul s'étend. Le sapin blanc existe sporadiquement dans la première moitié de l'Atlantique, alors que sa courbe continue ne se forme que dans la seconde moitié. Remarquons enfin que le noisetier, dont les pourcentages sont grands, au début de la période, régresse, en son milieu, pour reprendre de l'importance avant le passage à l'Atlantique récent.

9. Atlantique récent: de 4000 à 2500 a. C. n.

La chênaie mixte demeure dominante et, si le chêne et l'orme en restent les espèces les mieux représentées, nous constatons qu'au début de cette période, le frêne passe par une phase d'expansion. Le hêtre s'installe dans la région et si sa part reste modeste, elle n'en est pas moins régulière. La courbe du sapin blanc est continue et la première expansion de cette essence date de la fin de l'Atlantique récent. L'épicéa est présent.

C'est pendant cette période que le lac disparaît et que le marais bombé se forme dans notre station de Noiraigue II.

10. Subboréal: de 2500 à 800 a. C. n.

Le sapin blanc domine et la chênaie s'y subordonne, comme c'était déjà le cas, au cours de période précédente. A Noiraigue II, un développement exceptionnel des Graminées et des Cypéracées précède le début du Subboréal; nous avons tenté d'en expliquer les causes à la page 36.

11. Subatlantique ancien: de 800 a. C.n. à 1000 p. C. n.

12. Subatlantique récent: de 1000 p. C. n. à nos jours.

Nous ne pouvons pas nous prononcer, sur la base d'un seul diagramme (Noiraigue II), sur l'évolution de la végétation pendant cette époque, d'autant plus que les sédiments qui s'y rattachent n'existent peut-être pas dans notre station, ainsi que nous l'avons dit précédemment.

6. Note sur l'ancien lac du Val-de-Travers

On sait, depuis la fin du siècle dernier (Du Pasquier 1893), qu'un lac a occupé, autrefois, le fond du Val-de-Travers. La présence de ce que Du Pasquier appelle «le limon lacustre», riche en coquillages d'eau douce tels que Limnées ou Planorbes, en est le témoin incontestable. Selon Dubois (1902) et Schardt et Dubois (1902), le lac serait apparu à la suite d'un éboulement ou d'un glissement des moraines accumulées sur le flanc Sud de la vallée, à l'entrée des gorges de l'Areuse. Jeannet (1930) partage cette opinion. Burger (1959, p. 67) pense que le barrage de retenue du lac peut

avoir été partiellement formé par l'éboulement de masses rocheuses, sur la rive gauche de l'Areuse. En amont du bouchon de Noiraigue, le lac s'étendait sur une vingtaine de kilomètres; JEANNET estime sa plus grande largeur, dans le secteur Môtiers—Boveresse, à 2,5 km. L'altitude maxima du plan d'eau est d'environ 805 m, encore qu'il soit impossible de déterminer si cette cote fut atteinte au début ou au cours de l'épisode lacustre (BURGER, p. 73).

Les sédiments déposés dans l'ancien lac ont une ampleur considérable, laissant augurer d'une durée importante. JEANNET estime à 48 m, au moins, la puissance du limon lacustre, à Couvet. En ce lieu, le fond de la vallée est, actuellement, à près de 740 m. La base sur laquelle se sont déposés les sédiments doit donc se situer à 690 m environ. Compte tenu de la cote maxima de 805 m, on peut imaginer une profondeur du lac de plus de 100 m, à Couvet. Il est vraisemblable qu'elle ne fut pas moindre dans le bassin de Noiraigue.

Selon BURGER, l'abaissement du lac, à partir de la cote 750 m, aurait donnée naissance à trois bassins: le bassin supérieur, séparé du bassin médian par le cône d'alluvions du Sucre, et le bassin inférieur, séparé du bassin médian par le cône d'alluvions du Vanel.

Se fondant sur l'épaisseur du dépôt lacustre d'une part, sur la vitesse de sa sédimentation d'autre part, JEANNET pense — tout en restant conscient du caractère aléatoire de la méthode — que le temps nécessaire au remplissage du lac doit être de 5000 à 8000 ans. S'efforçant de serrer de plus près la chronologie du phénomène lacustre, JEANNET conclut: «Peut-on fixer approximativement l'époque postglaciaire à laquelle correspond l'existence du lac ancien du Val-de-Travers? Bien que nos arguments reposent sur des faits en apparence bien ténus, nous ne pouvons les passer sous silence, mais leur conférer l'importance qu'ils méritent. Nous avons relaté que dans le sondage de Couvet, il a été trouvé quelques glands ou cupules. Le chêne n'existe plus guère, au Val-de-Travers, à l'état spontané. A l'époque du lac, il devait être très abondant pour qu'on en découvre 34 fragments dans un sondage de 30 cm de diamètre. Suivant GAMS et NORDHAGEN, J. FAVRE, H. SPINNER, l'extension du chêne a été maximum à l'époque atlantique, alors que le climat était optimum. Cette époque se place vers 5000 avant notre ère. Il semble que l'on puisse dire tout au moins ceci: à l'époque atlantique, peut-être déjà à l'époque boréale ou à l'époque antérieure, et encore à l'époque subboréale, un lac ancien occupait le Val-de-Travers.»

Nos recherches dans le bassin de Noiraigue nous permettent de fixer quelques points concernant l'ancien lac. Il nous est possible de déterminer, avec une précision que nous croyons être satisfaisante, le moment de la disparition du lac du Val-de-Travers, en nous fondant sur trois méthodes:

a) L'analyse pollinique montre que les sédiments lacustres les moins

profonds se situent entre l'apparition de la courbe continue du hêtre marquant le début de l'Atlantique récent et l'extension du sapin blanc qui en caractérise la fin.

b) La fixation au radiocarbone 14 de l'âge du niveau tourbeux le plus bas fait coïncider ce premier témoin de la disparition du lac avec le début de l'Atlantique récent (3780 ± 100 a. C. n.).

c) La vitesse de sédimentation nous permet de fixer la fin de l'épisode lacustre aux environs de 3660 a. C. n. Dans son travail sur la formation du sédiment calcaire du lac de Neuchâtel, C. Portner (1951, p. 85) pense que si un dépôt annuel donné peut, par sa constance, servir de base à des mesures chronologiques pendant un temps relativement court, il faut, en revanche, renoncer à considérer une précipitation égale et régulière pendant des milliers d'années. Les conclusions de Portner sont suffisamment étayées de preuves solides pour qu'il nous vienne à l'esprit de les mettre en doute; aussi nous bornerons-nous à constater que dans notre cas, le hasard fait bien les choses!

S'il nous a été possible de fixer avec une précision satisfaisante la fin de l'épisode lacustre, il nous paraît plus délicat d'en préciser le début. L'analyse pollinique, seule, nous renseigne. Nous pouvons, en tous cas, affirmer que le lac existe dès avant le Préboréal et probablement depuis le Dryas ancien supérieur. Sa formation remonte, semble-t-il, à une date voisine de 10 000 a. C. n.

Ainsi, l'ancien lac du Val-de-Travers aurait subsisté pendant quelque 6000 ans. Nous retombons dans les limites que Jeannet, avec le mérite d'une grande prudence, lui avait assignées.

Note: On sait qu'un lac s'est passagèrement établi à Champ-du-Moulin (de Tribolet 1883, Ritter 1887, Dubois 1902). Dubois (p. 205) pense que ce lac et celui du Val-de-Travers ont peut-être connu une existence simultanée, momentanément tout au moins. Nous aurions voulu en vérifier l'hypothèse. A deux reprises, nous nous sommes rendu sur place, avec le matériel de sondage, et nous avons essayé, en de nombreux points, d'enfoncer la sonde, en forêt, dans les tranchées faites pour l'installation de canalisations, dans le lit de l'Areuse, dans le fond dégagé du vallon; toujours en vain: la couche de matériau fluviale empêche partout la sonde de descendre.

Chapitre IV

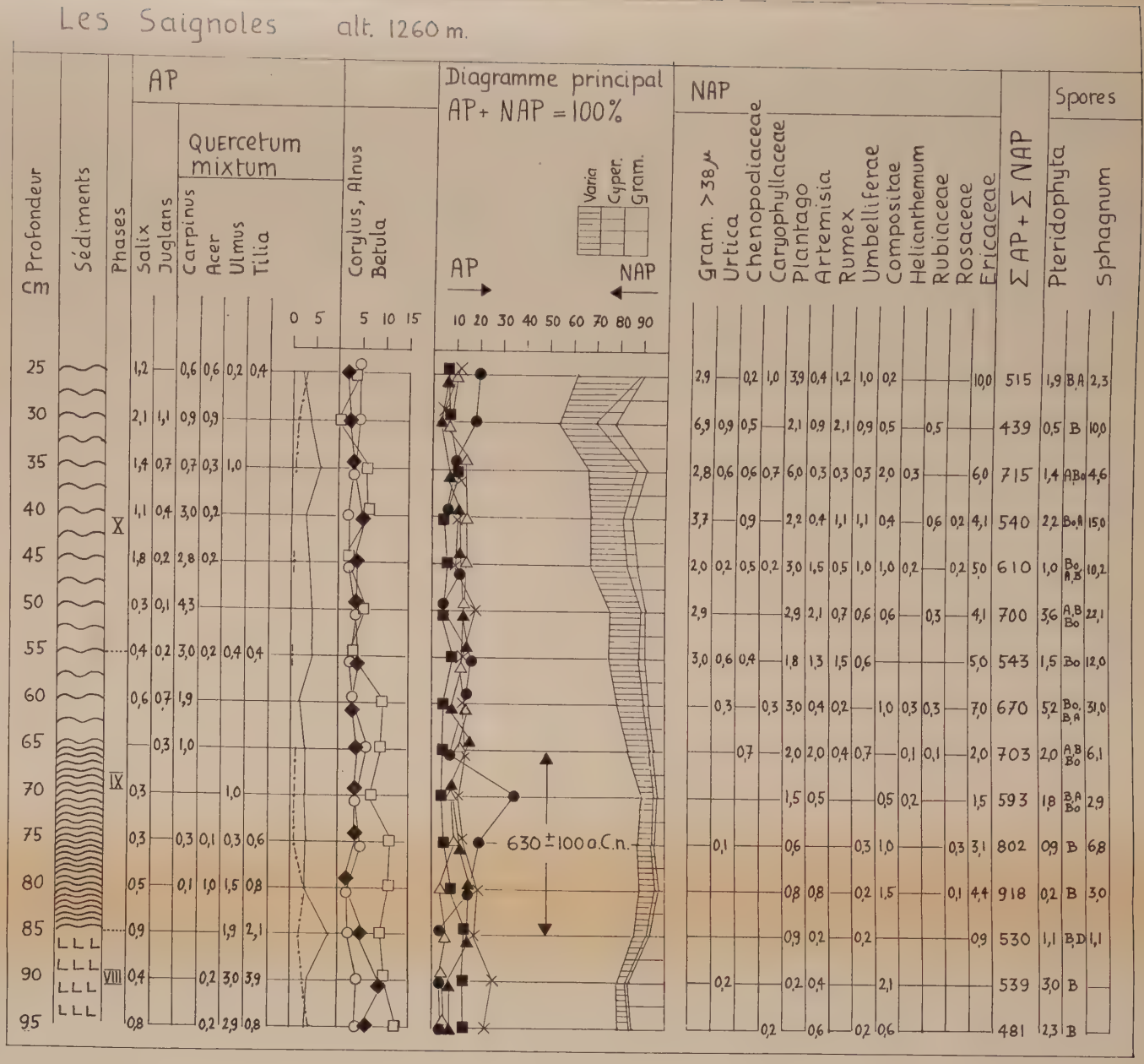
La tourbière des Saignoles

1. Aperçu géographique et géologique

La chaîne de Pouillerel sépare les vallées de la Chaux-de-Fonds et du Locle, au Sud, de celle du Doubs, au Nord. Elle fait partie du long pli qui s'étend des Bois, dans le Jura bernois, aux Gras, en France. Le marais que nous avons étudié est situé dans la partie de la chaîne dominant le Locle. Les terrains participant à l'édification de l'anticlinal vont, ici, du Bathonien (Grande oolithe, puis marnes du Furcil) à l'Argovien, en passant par la dalle nacrée du Callovien. Les particularités géologiques de la région ont été décrites avec beaucoup de minutie par J. Favre et M. Thiébaud (1906).

Le sommet de l'anticlinal, dont les flancs sont constitués par l'affleurement de calcaires argoviens, s'entrouvre jusqu'au Bathonien et la voûte du sommet est, elle-même formée, aux Saignoles, par la marne du Furcil. Ce fait vaut d'être relevé, car si, dans le Jura, les marnes forment généralement des combes ou des vallons anticlinaux, il est rare de les voir donner naissance à un affleurement présentant un profil convexe. Les couches géologiques, près de la ligne anticlinale, ont un très faible pendage en direction du Sud-Est où se trouve notre marais; aussi la marne du Furcil, dont l'épaisseur n'excède guère 25 m, présente-t-elle, à cet endroit, un affleurement de près de 250 m de longueur.

Alors que tous les marais que nous avons étudiés jusqu'ici ont pris naissance sur des fonds imperméables d'origine quaternaire, le marais des Saignoles repose, quant à lui, sur la marne du Furcil, directement. C'est une tourbière de voûte et non pas une tourbière de cuvette. Remarquons qu'elle n'est pas la seule de la région et Favre et Thiébaud groupent, sous le nom général de «marais de Pouillerel», un ensemble comprenant d'Ouest en Est: Le Petit Saignolis, le Grand Saignolis, le Noiret et «Chez Jean Colar». De ces quatre marais, celui du Noiret, seul, est situé au Nord de la ligne anticlinale; les trois autres sont soit sur la ligne, soit au Sud de celle-ci.


Les Saignoles alt. 1260 m.
Profondeur cm
Sédiments
Phases
AP
Quercetum mixtum
Salix
Juglans
Carpinus
Acer
Ulmus
Tilia
Corylus, Alnus
Betula
0 5
5 10 15
Diagramme principal
AP + NAP = 100%
Varia
Cyper.
Gram.
AP
NAP
10 20 30 40 50 60 70 80 90
630 ± 100 a.C.n.
NAP
Gram. > 38 µ
Urtica
Chenopodiaceae
Caryophyllaceae
Plantago
Artemisia
Rumex
Umbelliferae
Compositae
Helianthemum
Rubiaceae
Rosaceae
Ericaceae
Σ AP + Σ NAP
Spores
Pteridophyta
Sphagnum
25 1,2 0,6 0,6 0,2 0,4 2,9 0,2 1,0 1,0 3,9 0,4 1,2 1,0 0,2 10,0 515 1,9 B,A 2,3
30 2,1 1,1 0,9 0,9 6,9 0,9 0,5 2,1 0,9 2,1 0,9 0,5 0,5 439 0,5 B 10,0
35 1,4 0,7 0,7 0,3 1,0 2,8 0,6 0,6 0,7 6,0 0,3 0,3 0,3 2,0 0,3 6,0 715 1,4 AB 4,6
40 X 1,1 0,4 3,0 0,2 3,7 0,9 2,2 0,4 1,1 1,1 0,4 0,6 0,2 4,1 540 2,2 B,A 15,0
45 1,8 0,2 2,8 0,2 2,0 0,2 0,5 0,2 3,0 1,5 0,5 1,0 1,0 0,2 0,2 5,0 610 1,0 B 10,2
50 0,3 0,1 4,3 2,9 2,9 2,1 0,7 0,6 0,6 0,3 4,1 700 3,6 A,B B 22,1
55 0,4 0,2 3,0 0,2 0,4 0,4 3,0 0,6 0,4 1,8 1,3 1,5 0,6 5,0 543 1,5 B 12,0
60 0,6 0,7 1,9 0,3 3,0 0,4 0,2 1,0 0,3 0,3 7,0 670 5,2 B 3,0
65 0,3 1,0 0,7 0,3 2,0 2,0 0,4 0,7 0,1 0,1 2,0 703 2,0 A,B B 6,1
70 IX 0,3 1,0 1,5 0,5 0,5 0,2 1,5 593 1,8 B,A B 2,9
75 0,3 0,3 0,1 0,3 0,6 0,1 0,6 0,3 1,0 0,3 3,1 802 0,9 B 6,8
80 0,5 0,1 1,0 1,5 0,8 0,8 0,8 0,2 1,5 0,1 4,4 918 0,2 B 3,0
85 0,9 1,9 2,1 0,9 0,2 0,2 0,9 530 1,1 B,D 1,1
90 VIII 0,4 0,2 3,0 3,9 0,2 0,4 2,1 539 3,0 B
95 0,8 0,2 2,9 0,8 0,2 0,6 0,2 0,6 481 2,3 B

2. Historique des études portant sur la Tourbière des Saignoles

Lesquereux (1844, p. 83) est le premier, à notre connaissance, à parler des marais de Pouillerel. Il les considère comme étant de formation très récente.

Dans leur étude sur les marais tourbeux de la Suisse, Früh et Schröter (1904) se bornent à les faire figurer comme marais plats sur leur carte.

En 1906, Favre et Thiébaud en publient une étude très fouillée, riche en renseignements géologiques, historiques et floristiques.

Plus récemment, J. Favre (1948) a exploré le marais des Saignoles à douze reprises, dans le cadre de son étude sur les associations fongiques des haut-marais jurassiens.

J. L. Richard (1961) enfin donne, pour cette station, deux relevés, l'un typique du Sphagno-Mugetum, l'autre du Sphagno-Piceetum.

3. La station étudiée

Nous avons effectué notre sondage au sommet de la voûte anticlinale, car c'est à cet endroit que nous pouvions nous attendre à trouver, selon les profils de Favre et Thiébaud d'une part, selon les renseignements verbaux de J. L. Richard, d'autre part, l'épaisseur de tourbe la plus grande.

Le point de sondage a les coordonnées suivantes: 548.750/215.320. Nous sommes dans une pessière à sphaignes. De la surface à la base, nous rencontrons:

0 à 25 cm:	Mousses peu ou pas décomposées.
25 à 65 cm:	Tourbe de haut-marais peu décomposée, avec restes de sphaignes et d'*Eriophorum*.
65 à 85 cm:	Tourbe de haut-marais très décomposée.
85 à 95 cm:	Marnes décalcifiées avec un peu de matières organiques au contact de la tourbe.

Cette couche marneuse, à la base de la tourbière, correspond à ce que Favre et Thiébaud appellent «Limon siliceux». Ils y ont identifié des grains de quartz et des spicules siliceux d'éponges, identiques à ceux que l'on trouve traditionellement dans la marne du Furcil.

Notons enfin que, par son altitude de 1260 m, ce sondage est le plus élevé que nous ayons fait au cours de nos recherches.

4. Essai de chronologie

Un échantillon de tourbe, prélevé sur 20 cm d'épaisseur, juste au-dessus de la marne décalcifié, a été analysé au laboratoire du radiocarbone 14 de l'Université de Berne. L'âge absolu de ce niveau, correspondant au début

de la formation de la tourbière, est de 630 ± 100 ans a. C. n. Nous pouvons donc, sans grand risque d'erreur, faire coïncider la base du dépôt tourbeux avec le début du Subatlantique ancien qui remonte, on le sait, à 800 ans a. C. n. A ce moment, le sapin blanc qui dominait avant la formation du marais voit son pourcentage diminuer très sensiblement.

L'important développement des Graminées et l'apparition des Graminées cultivées, à partir de 55 cm, la présence régulière et relativement massive de *Plantago,* de *Rumex,* les traces d'*Urtica,* de Chénopodiacées, l'implantation de *Juglans* aussi, sont autant de témoins de l'établissement d'habitants dans la région. Nous pouvons admettre, ainsi que nous l'avons fait pour la vallée de la Brévine ou pour celle des Ponts, que cet événement n'est pas antérieur à 1000 ans p. C. n.; c'est à ce niveau que nous situerons le passage du Subatlantique ancien au Subatlantique récent.

On nous objectera peut-être que l'abri sous roche qui surplombe, à 950 m, l'entrée du tunnel s'ouvrant sur la vallée du Doubs, au Col-des Roches, a livré 180 silex, quelques instruments en corne ou en os et des galets à encoches que les archéologues rattachent au Mésolithique. L'abri sous roche de Chaillexon et la grotte de la Toffière situés vis-à-vis des Brenets, sur la rive française du lac, ont livré des objets de même nature et de même âge (Vouga, 1943). Les hommes du Mésolithique tiraient leur subsistance de la chasse, de la pêche et vraisemblablement aussi de la récolte de produits végétaux tels que baies ou champignons. Ils n'étaient pas cultivateurs.

Les fouilles entreprises au Col-des-Roches ont permis de mettre à jour, au-dessus du Mésolithique, deux couches néolithiques qui ont livré des silex et des débris de céramique, mais de caractère archaïque. Si l'on admet que les hommes du Néolithique furent des agriculteurs, nous les voyons mal, toutefois, défricher les sommets pour y installer leurs cultures, alors qu'ils disposaient, à proximité immédiate de leur habitat, d'espaces plus accessibles, dans un climat moins rude. De toute manière, des traces de l'homme mésolithique ne sauraient apparaître dans notre diagramme dont la base n'est, en aucun cas, antérieure à l'âge du bronze.

5. Evolution de la végétation aux Saignoles

Notre point de sondage étant situé au sommet de la voûte anticlinale, on peut admettre que le ruissellement n'a guère joué de rôle dans le processus de décalcification de la marne du Furcil. Les eaux météoriques et la fonte des neiges seules doivent être tenues pour responsables du phénomène, comme le pensent Favre et Thiébaud (p. 39, hypothèse 1).

Le sapin blanc se développe particulièrement bien dans les régions où les précipitations sont abondantes. Nous avons montré que l'extension la

plus grande de cette essence, dans le Jura central, correspond toujours à la fin de l'Atlantique récent et au Subboréal. Cette période connut des pluies suffisamment nourries et régulières pour achever le travail de décarbonatation de la marne du Furcil amorcé pendant l'Atlantique ou peut-être même avant. Le sapin blanc s'accommodant des sols siliceux aussi bien que des terrains calcaires, aura supporté sans peine cette variation de la composition chimique du sol où il croissait pendant le Subboréal. La décalcification s'achève avec le Subboréal, mais nous pensons qu'il s'agit là d'une coïncidence fortuite, indépendante d'un changement de climat.

Dès lors, à partir du Subatlantique ancien, les précipitations demeurant abondantes à cette altitude, un tapis de sphaignes se développe sur un substratum exempt de calcaire et il est intéressant de constater que notre diagramme fait état, dès la base de la tourbe (profondeur 85 cm), de la présence de spores de sphaignes. Il s'agit bien, comme l'ont appelé Favre et Thiébaud, d'un «marais bombé à l'état pur», c'est-à-dire d'un haut-marais non précédé d'un bas-marais.

Il faut aussi remarquer la coïncidence entre l'apparition des spores de sphaignes et la diminution d'*Abies*. Elle est normale, car si le sapin supporte bien les sols silicieux, il ne saurait s'accommoder des sols gorgés d'eau que l'on trouve dans les marais bombés. Les pollens d'*Abies* postérieurs à l'installation des sphaignes proviennent des environs du marais et non pas du marais lui-même.

Les Ericacées également sont représentées dès la base du dépôt tourbeux ce qui est un argument de plus en faveur des conclusions auxquelles aboutissent Favre et Thiébaud.

Le pin s'établit ensuite sur le marais et le phénomène se traduit, sur notre diagramme, par une augmentation très nette du pourcentage de cette espèce, dès la profondeur de 80 cm et jusqu'à 65 cm environ. A partir de là, le diagramme reflète l'existence, aux abords de notre station, d'une fagabiétaie au sein de laquelle nulle espèce ne parvient à dominer nettement les autres. Remarquons toutefois que *Picea* y est en bonne place, ce qui ne saurait nous surprendre, le sondage ayait été pratiqué dans une pessière à sphaignes.

6. Commentaires

Si, par son étendue relativement petite et par la faible épaisseur de son dépôt tourbeux, le marais des Saignoles est de peu d'importance, le fait qu'il s'agisse d'un «marais bombé à l'état pur», d'une part, et d'une tourbière de voûte, d'autre part, valait, à notre sens, que nous lui consacrions la place qui lui est faite dans ce travail. Si une formation analogue, la tourbière de Genevez, avait attiré avant la nôtre l'attention de Welten (1964), il n'en reste pas moins que les marais de ce type sont rares dans le Jura central.

Nous sommes heureux de constater que les données de la palynologie viennent confirmer, quant à la genèse, les hypothèses avancées par Favre et Thiébaud dans leur excellent travail.

Il est un point, toutefois, sur lequel l'optique de ces auteurs diffère sensiblement de la nôtre, c'est celui de l'âge du marais. Favre et Thiébaud remarquent: «... nous pouvons donner une évaluation de la croissance de la couche tourbeuse. Il y a soixante ans environ, d'après Lesquereux, la tourbe avait une épaisseur de près d'un pied (0,30 m). Aujourd'hui, elle mesure 0,90 m au maximum. Le marais s'est donc accru de 0,60 m en soixante ans, c'est-à-dire de un centimètre par an. Les observations de Lesquereux nous permettent d'établir également que ce marais est récent et n'a guère qu'une existence d'un siècle.» (p. 49.)

Or Lesquereux (1844, p. 83) ne spécifie pas où il a mesuré 30 cm de tourbe. On sait que si, au centre du marais, l'épaisseur de la tourbe est de 90 cm, à 60 m au Sud-Est, elle n'est plus que de 15 cm et, à une centaine de mètres au Nord-Ouest, elle n'excède pas 20 cm (Favre et Thiébaud, 1906, p. 35).

Par ailleurs, entre le moment où Favre et Thiébaud publièrent leur étude (1906) et celui où nous avons effectué notre sondage (1965), soixante années se sont encore écoulées. L'épaisseur maxima de la tourbe, aux Saignoles, est toujours de l'ordre de 90 cm. Il nous paraît bien difficile d'admettre qu'en un siècle, les conditions climatiques aient pu se modifier au point de provoquer un arrêt de l'accroissement de la tourbière.

En nous fondant sur la détermination au radiocarbone 14 de l'âge absolu du dépôt tourbeux le plus ancien d'une part, sur son spectre pollinique d'autre part, nous croyons être à même d'affirmer qu'au moment où elle fut étudiée par Favre et Thiébaud, la tourbière des Saignoles n'avait pas un siècle d'existence, mais près de vingt-cinq siècles. Par conséquent, l'accroissement du marais, que nos auteurs considèrent comme très rapide, serait, au contraire, très lent. Nous pensons que cela est dû à la situation particulière du marais, au sommet de l'anticlinal, où l'humidité doit être moins grande que dans un marais de cuvette.

Remarquons enfin que Welten (1964) situe la formation du haut-marais de Genevez, entre 2000 et 1000 a. C. n.; elle serait donc un peu antérieure à celle de la tourbière des Saignoles.

Chapitre V

La Cornée sur la Brévine

Dans le travail qu'il a consacré aux forêts acidophiles du Jura, J. L. Richard (1961) s'est attaché à décrire l'association du *Sphagno-Piceetum*. La région de la Cornée a fourni à l'auteur de bons exemples de cette association dont il donne plusieurs relevés. Le *Sphagno-Piceetum* se développe, ici, sur un substratum considéré, selon la pédologie moderne, comme un «Podzol humique sur Pseudogley». J. L. Richard a bien voulu nous accompagner sur le terrain lors de nos prélèvements; nous lui en sommes très reconnaissant.

Les échantillons analysés proviennent de deux stations peu distantes l'une de l'autre, que nous appellerons «Cornée I» et «Cornée II».

1. Les stations étudiées

Station 1: «Cornée I» (coord.: 528.360/201.350)

Nous sommes dans une pessière sur marnes. Les épicéas sont peu développés; l'épaisseur du dépôt tourbeux est faible. Les échantillons ont été prélevés à la main, de cinq en cinq centimètres. Le profil du sol est le suivant:

0 à 13 cm: Tourbe de sphaignes peu décomposée.
13 à 25 cm: Humus tourbeux.
25 à 30 cm: Marnes et humus tourbeux mélangés.
30 à 40 cm: Marnes décalcifiées.

Station 2: «Cornée II»

Située à environ 80 m au Sud-Ouest de «Cornée I», cette station se trouve dans une petite clairière. La couche de tourbe est un peu plus épaisse et la couverture végétale indique clairement que nous sommes dans un haut-marais: *Sphagnum magellanicum* et d'autres sphaignes, *Vaccinium uliginosum* abondent. Le sondage nous révèle le profil suivant:

0 à 23 cm: Tourbe de sphaignes peu décomposée.
23 à 65 cm: Humus tourbeux.
65 à 80 cm: Marnes et humus tourbeux mélangés.
80 à 85 cm: Marnes décalcifiées.

2. Essai de chronologie

A. « Cornée I »

La base du dépôt tourbeux remonte, selon une analyse au radiocarbone 14, à 60 ± 100 ans p. C. n. Nous sommes, par conséquent, dans le Subatlantique ancien, approximativement au milieu de cette période. Ce qui est au-dessous doit donc être rattaché à la première moitié du Subatlantique ancien, voire même à la fin du Subboréal.

A la profondeur de 20 cm, les Graminées cultivées apparaissent, les Chénopodiacées, le plantain, les Composées et les Ombellifères prennent de l'importance et révèlent, par leur présence, une influence humaine modifiant la couverture végétale naturelle de la région. En admettant, ainsi que nous l'avons fait pour la vallée des Ponts ou pour celle de la Brévine, que l'homme ne s'établit pas ici à demeure avant le Subatlantique récent, nous pouvons situer approximativement à 20 cm le passage du Subatlantique ancien au Subatlantique récent.

B. « Cornée II »

Si l'épaisseur du dépôt organique est nettement plus grande dans cette station que dans la précédente, la similitude des deux diagrammes n'en est pas moins frappante et fait état d'une évolution comparable de la végétation, en deux points, il est vrai, peu distants l'un de l'autre.

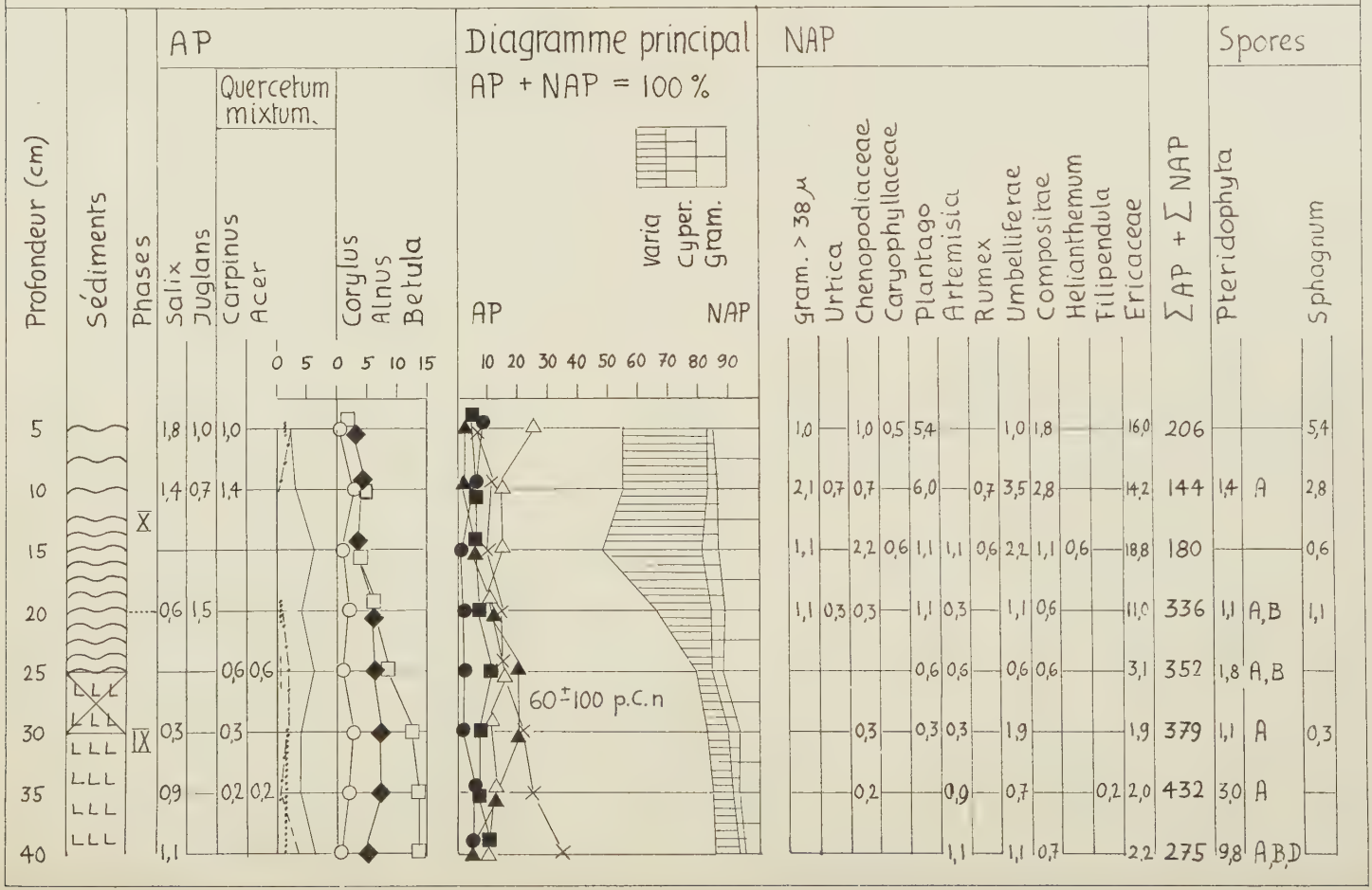
Le développement massif de *Picea.* contemporain de l'apparition des Graminées cultivées sur laquelle nous nous sommes basé pour fixer la limite entre le Subatlantique ancien et le Subatlantique récent, se place à une profondeur de 30 cm.

Par ailleurs, la formation de l'humus tourbeux pur, dans les deux stations étudiées, s'est faite à peu près simultanément.

3. Commentaires

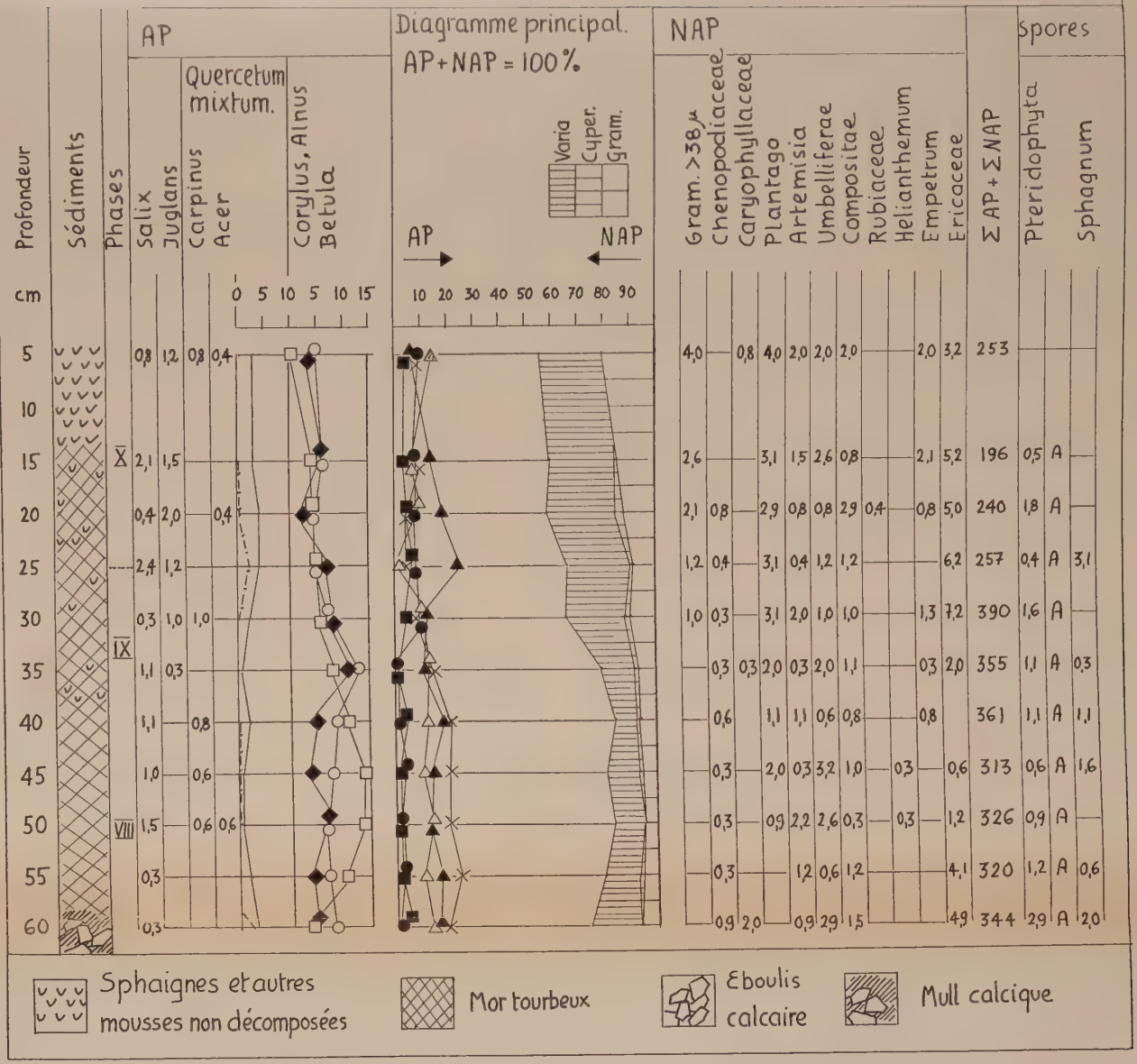
Dans les conclusions qu'il a tiré de la deuxième partie de son travail sur les forêts acidophiles du Jura, J. L. Richard (1961, p. 130 et ssq.) remarque: «... nous avons montré, pour la première fois, qu'il existait des Podzols sur marnes calcaires dans le Jura. Or ces Podzols ne correspondent jamais à des associations climaciques; il faut en effet que des conditions très spéciales soient réalisées pour qu'un Podzol puisse s'établir dans le Jura: non seulement un climat très humide et froid et un terrain plat, mais surtout une roche mère marneuse relativement pauvre en carbonate de calcium et un sol plus ou moins gorgé d'eau et recouvert de forêt. C'est

La Cornée I. alt. 1195 m



le cas du Sphagno-Piceetum. Dès que la roche mère contient davantage de carbonate, le Podzol est remplacé par une terre brune qui, même si elle est profondément décarbonatée, correspond à un groupement climacique du Fagion.»

Nos diagrammes montrent qu'à la Cornée, l'extension massive de l'épicéa est sensiblement contemporaine de l'installation humaine. Faut-il, dès lors, attribuer le développement du sapin rouge à l'activité de l'homme? Schwarz (cité par Richard 1961, p. 112) pense que les Pessières sur tourbe sont liées à l'activité humaine et Richard partage cette opinion en imaginant, cependant, «qu'il existe tout de même des peuplements d'origine naturelle». Il est bien difficile, dans le cas de la Cornée, de prendre parti pour l'une des hypothèses plutôt que pour l'autre. Reconnaissons, en tous cas, que si l'influence humaine est responsable de l'extension de l'épicéa, la nature y a bien contribué aussi, car si les marnes formant le substratum de la forêt sont décalcifiées, c'est grâce au lessivage dû aux abondantes précipitations de l'Atlantique et du Subboréal. Ce lessivage et la décarbonatation qui lui est liée ont permis la formation d'humus brut acide favorisant le développement de l'épicéa, d'une part, excluant le hêtre et le sapin blanc, d'autre part.


1190 m
Profondeur
cm
Sédiments
Phases
AP
Salix
Juglans
Carpinus
Acer
Quercetum mixtum.
Corylus, Alnus
Betula
0 5 10 5 10 15
Diagramme principal.
AP+NAP = 100 %
Varia
Cyper.
Gram.
AP
NAP
10 20 30 40 50 60 70 80 90
NAP
Gram. >38 µ
Chenopodiaceae
Caryophyllaceae
Plantago
Artemisia
Umbelliferae
Compositae
Rubiaceae
Helianthemum
Empetrum
Ericaceae
Σ AP + Σ NAP
Spores
Pteridophyta
Sphagnum
X
IX
VIII
5 10 15 20 25 30 35 40 45 50 55 60
0,8 1,2 0,8 0,4
2,1 1,5
0,4 2,0 0,4
2,4 1,2
0,3 1,0 1,0
1,1 0,3
1,1 0,8
1,0 0,6
1,5 0,6 0,6
0,3
0,3
4,0 0,8 4,0 2,0 2,0 2,0 2,0 3,2 253
2,6 3,1 1,5 2,6 0,8 2,1 5,2 196 0,5 A
2,1 0,8 2,9 0,8 0,8 2,9 0,4 0,8 5,0 240 1,8 A
1,2 0,4 3,1 0,4 1,2 1,2 6,2 257 0,4 A 3,1
1,0 0,3 3,1 2,0 1,0 1,0 1,3 7,2 390 1,6 A
0,3 0,3 2,0 0,3 2,0 1,1 0,3 2,0 355 1,1 A 0,3
0,6 1,1 1,1 0,6 0,8 0,8 361 1,1 A 1,1
0,3 2,0 0,3 3,2 1,0 0,3 0,6 313 0,6 A 1,6
0,3 0,9 2,2 2,6 0,3 0,3 1,2 326 0,9 A
0,3 1,2 0,6 1,2 4,1 320 1,2 A 0,6
0,9 2,0 0,9 2,9 1,5 4,9 344 2,9 A 2,0
Sphaignes et autres mousses non décomposées
Mor tourbeux
Éboulis calcaire
Mull calcique

Chapitre VI

Le Creux-du-Van

1. Aperçu géographique et géologique

Le cirque naturel du Creux-du-Van est suffisamment connu pour que nous ne nous y attardions pas. Bornons-nous à dire qu'il s'agit d'une imposante excavation creusée dans les calcaires du Jurassique supérieur de la chaîne la plus méridionale du Jura central (chaîne du lac).

L'hémicycle est fermé à l'Ouest et ouvert, à l'Est, sur les gorges de l'Areuse. Cette disposition n'est pas sans incidence sur les conditions dans lesquelles vivent les plantes se trouvant au pied de la paroi rocheuse, notamment quant à leur insolation et au régime des vents auquel elles sont soumises.

La largeur du cirque est de l'ordre du kilomètre. La paroi de rochers, verticale, atteint au Falconnaire une hauteur de près de 170 m. Les couches rocheuses sont à peu près horizontales, car elles correspondent au sommet de la voûte anticlinale, sauf dans la partie Nord, au Dos d'Ane, où elles plongent presque à la verticale. Le fond du Creux-du-Van est tapissé d'éboulis et de dépôts morainiques.

Alors que les bords de l'excavation sont à une altitude supérieure, en général, à 1400 m, le point le plus bas, la Ferme Robert, est à 980 m.

Dubois (1902, p. 192) explique la formation du Creux-du-Van par un lent travail d'érosion amorcé, dès avant l'époque glaciaire, par l'Areuse qui coulait alors plus au Sud qu'actuellement. La rivière, attaquant la base des roches contre lesquelles elle venait buter, les entama jusqu'au niveau des marnes et des marno-calcaires argoviens. Les bancs calcaires reposant sur cette base s'effondrèrent peu à peu, n'étant plus soutenus. Ensuite, comme le remarque Dubois, «l'érosion a progressée, en rayonnant, de la façon la plus régulière».

2. Historique des études portant sur la végétation du Creux-du-Van

Parmi les études consacrées à la région, mentionnons, avec le dictionnaire géographique de la Suisse (T. I, p. 562), un rapport d'herborisation du 13 juillet 1869, par Ch. Godet, des notes de Tripet, P. Godet, Robert, Lerch, parues soit dans le «Rameau de Sapin», soit dans le «Bulletin de la Société neuchâteloise des sciences naturelles». Parmi les travaux plus

récents, relevons un article plein de charme, dans A. Dubois (1902), la flore du Val-de-Travers et de la chaîne du Chasseron, de C. Wirth (1914), la flore des Gorges de l'Areuse et du Creux-du-Van, de A. Graber (1924), le travail de Moor et Schwarz (1957) établissant une carte de la végétation pour cette région, les recherches de Favarger, Richard et Duckert (1959) sur l'*Empetrum nigrum* du Creux-du-Van, et, finalement, les études écologiques de J. L. Richard (1961).

3. Les stations étudiées

Comme pour les prélèvements que nous avons faits à la Cornée, M. J. L. Richard a bien voulu nous accompagner sur le terrain qu'il connaît particulièrement bien. Les deux stations dont nous avons analysé les échantillons, correspondent à deux stations dont J. L. Richard a décrit l'écologie.

Station 1: «Creux-du-Van I»

Ce point de prélèvement correspond à la station No 2 de Richard (voir: 1961, carte, p. 102). Nous sommes dans une forêt d'épicéas d'une quinzaine de mètres de hauteur, implantée sur une cône d'éboulis. Les coordonnées de la station sont: 545.420/198.240. l'altitude est de 1190 m, l'exposition au Nord-Est. Sur l'éboulis calcaire qui en forme la base, nous trouvons une couche d'humus tourbeux de l'ordre de 58 cm d'épaisseur. L'humus est d'autant plus décomposé que l'on est plus proche de l'éboulis au contact duquel il est de couleur presque noire, pour virer au brun-noir au-dessus.

Station 2: «Creux-du-Van II»

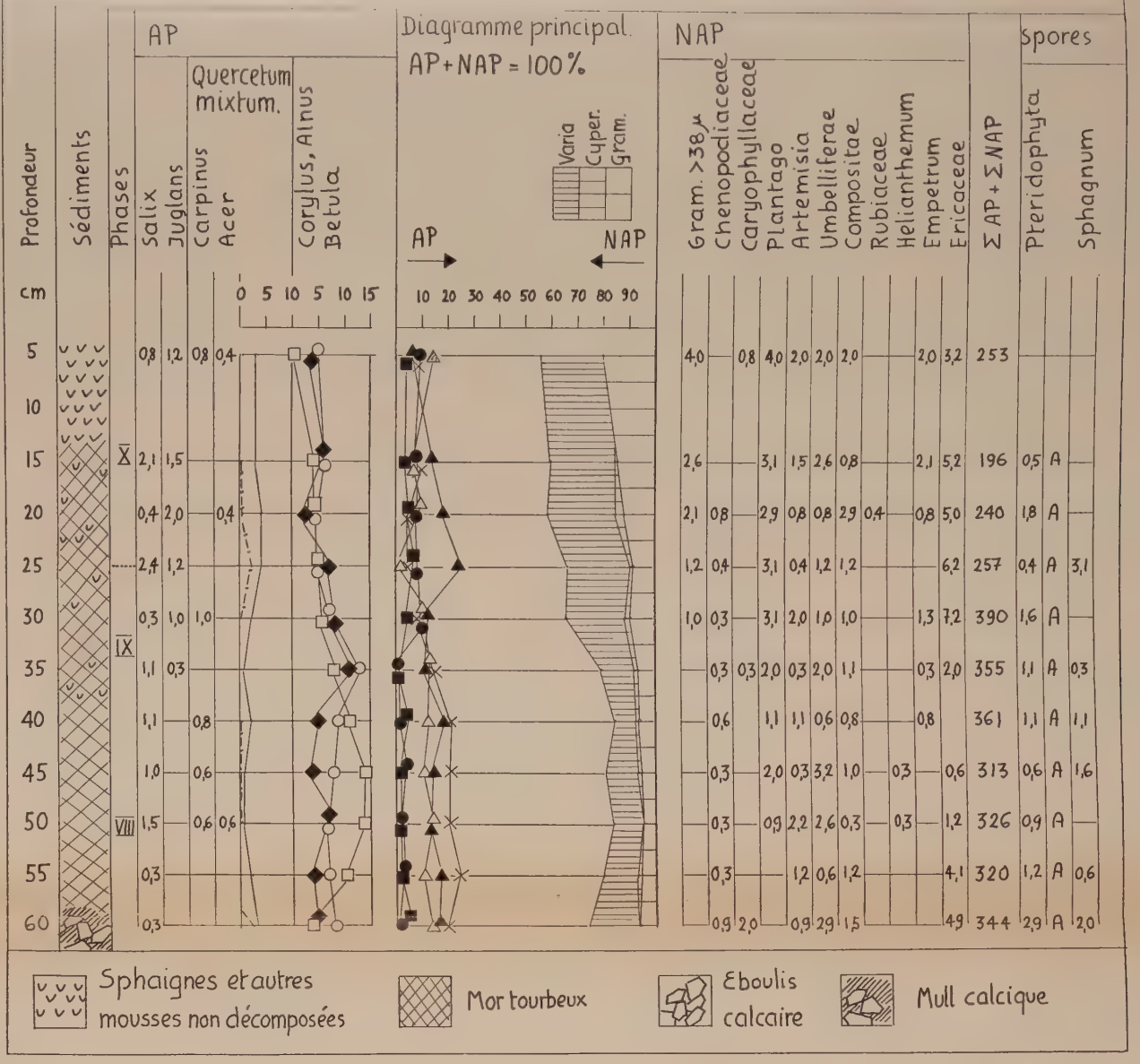
Nous nous trouvons dans la zone des épicéas nains, correspondant à la station No 3 de J. L. Richard. L'épaisseur de l'humus atteint ici 75 cm, mais l'humus remplit encore partiellement les interstices séparant les blocs de calcaire. L'altitude est la même que celle de «Creux-du-Van I», soit 1190 m. Les coordonnées du point de sondage sont: 545.830/198.230. Les échantillons ont été prélevés, de cinq en cinq centimètres (ce fut aussi le cas pour la première station), dans un lithosol calcaire à mor. Dans une étude récente, consacrée à ce type de sol. J. C. Gilot et Y. Dommergues (1967), expliquent ainsi la genèse de ces formations:

a) le calcaire, en raison de sa compacité, est pratiquement sans influence sur le sol sus-jacent;

b) le microclimat, particulièrement froid en été, ralentit considérablement l'activité microbienne, donc la biodégradation;

c) la matière organique s'accumule rapidement, par suite de la faible vitesse de sa décomposition, sous une double influence: celle de l'acidité

-lt. 1190 m


Profondeur
cm
Sédiments
Phases
AP
Salix
Juglans
Quercetum mixtum.
Carpinus
Acer
Corylus, Alnus
Betula
0 5 10 5 10 15
Diagramme principal.
AP+NAP = 100%
Varia
Cyper.
Gram.
AP
NAP
10 20 30 40 50 60 70 80 90
NAP
Gram. >38µ
Chenopodiaceae
Caryophyllaceae
Plantago
Artemisia
Umbelliferae
Compositae
Rubiaceae
Helianthemum
Empetrum
Ericaceae
Σ AP + Σ NAP
Spores
Pteridophyta
Sphagnum
5
10
15
20
25
30
35
40
45
50
55
60
X
IX
VIII
0,8 1,2 0,8 0,4
2,1 1,5
0,4 2,0 0,4
2,4 1,2
0,3 1,0 1,0
1,1 0,3
1,1 0,8
1,0 0,6
1,5 0,6 0,6
0,3
0,3
4,0 0,8 4,0 2,0 2,0 2,0 2,0 3,2 253
2,6 3,1 1,5 2,6 0,8 2,1 5,2 196 0,5 A
2,1 0,8 2,9 0,8 0,8 2,9 0,4 0,8 5,0 240 1,8 A
1,2 0,4 3,1 0,4 1,2 1,2 6,2 257 0,4 A 3,1
1,0 0,3 3,1 2,0 1,0 1,0 1,3 7,2 390 1,6 A
0,3 0,3 2,0 0,3 2,0 1,1 0,3 2,0 355 1,1 A 0,3
0,6 1,1 1,1 0,6 0,8 0,8 361 1,1 A 1,1
0,3 2,0 0,3 3,2 1,0 0,3 0,6 313 0,6 A 1,6
0,3 0,9 2,2 2,6 0,3 0,3 1,2 326 0,9 A
0,3 1,2 0,6 1,2 4,1 320 1,2 A 0,6
0,9 2,0 0,9 2,9 1,5 4,9 344 2,9 A 2,0
Sphaignes et autres mousses non décomposées
Mor tourbeux
Eboulis calcaire
Mull calcique

des résidus végétaux, d'une part, celle de la présence de substances toxiques, d'origine végétale, inhibant partiellement l'activité biologique, d'autre part.

Selon ces auteurs, ce type de sol se rencontre tant sous l'association de l'*Asplenio-Piceetum* (c'est l'association de notre station I) que sous l'association du *Lycopodio-Mugetum* (c'est le cas de notre station II, que Moor [1957] appelle *Tofieldio-Piceetum*).

4. Essai de chronologie

A. « Creux-du-Van I »

La base du diagramme nous apprend que nous sommes, au contact de l'éboulis, dans une fagabiétaie, au sein de laquelle le sapin blanc domine légèrement et, dans l'ordre, le hêtre et le sapin rouge. La chênaie mixte n'ayant ici que très peu d'importance (moins de 5 % de l'ensemble des essences arborescentes), nous pouvons admettre, en nous fondant sur une comparaison avec les résultats obtenus en d'autres points du Jura central, que la base du diagramme correspond au Subboréal, plutôt à la seconde moitié de cette période.

Le fort développement des espèces herbacées, à partir de la profondeur de 25 cm, l'apparition du pollen de Graminées dont le diamètre excède 38 microns, signalent vraisemblablement l'apparition de l'homme dans les environs, apparition que nous situons approximativement, pour les raisons évoquées à la page 36, à la limite entre le Subatlantique ancien et le Subatlantique récent. Ce qui est compris entre ce niveau de 25 cm et la surface est donc à rattacher au Subatlantique récent et, notamment, la forte poussée de Fagus. Aucun fait saillant, hélas, n'apparaît dans le diagramme, permettant de fixer le passage du Subboréal au Subatlantique ancien.

B. « Creux-du-Van II »

Une analyse au radiocarbone 14 d'un échantillon d'humus brut prélevé au contact de l'éboulis calcaire, soit à une profondeur comprise entre 75 cm et 80 cm, fixe l'âge du dépôt à 1320 ± 100 ans a. C. n. Nous sommes donc au milieu du Subboréal et, à vrai dire, nous nous en doutions avant de connaître le résultat de cette analyse, le spectre pollinique faisant état d'une fagabiétaie où domine le sapin blanc.

A 30 cm, une forte augmentation du pourcentage des herbacées, suivie de l'extension des Graminées cultivées, correspond au passage du Subatlantique ancien au Subatlantique récent.

Comme ce fut déjà le cas pour notre premier diagramme, rien ici ne

nous permet de tracer de limite entre la fin du Subboréal et le début du Subatlantique ancien.

5. Commentaires

En fixant notre attention sur les dépôts d'humus brut du Creux-du-Van, nous avions l'espoir de jeter quelque lumière sur un certain nombre de points obscurs de l'évolution végétale et de vérifier les hypothèses avancées par quelques auteurs à leur sujet. Il nous intéressait, par exemple, de savoir:

a) de quand datent les formations d'humus brut accumulées sur les éboulis et, partant, le début de la colonisation végétale de ces derniers;

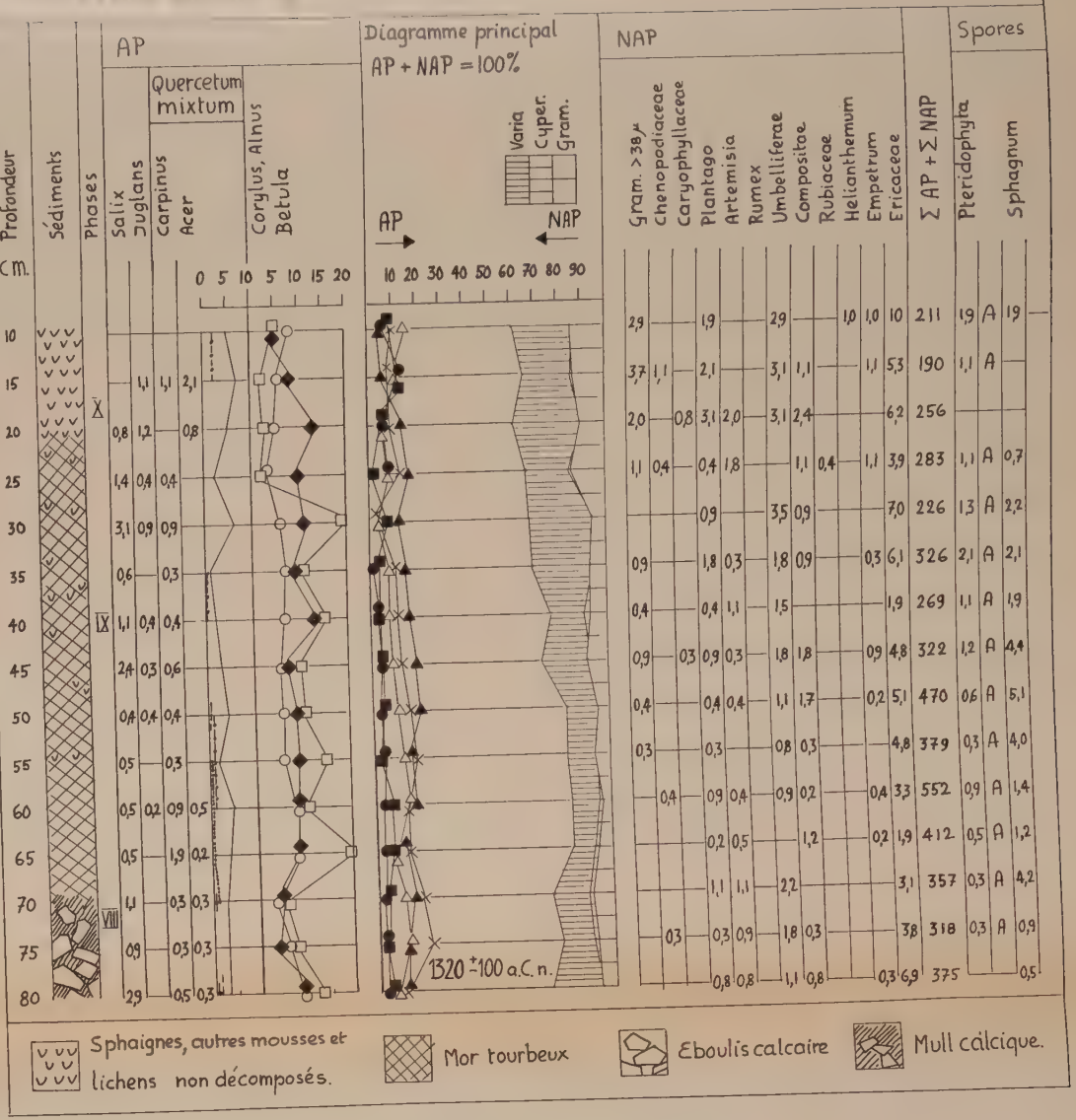
b) à quel moment les épicéas nains se sont-ils implantés sur le lithosol à mor, dans le *Lycopodio-Mugetum;*

c) quelles sont les différences, quant à leur genèse, entre les formations couvertes actuellement par l'*Asplenio-Piceetum* d'une part, par le *Lycopodio-Mugetum* d'autre part;

d) à quel stade de l'évolution de la végétation, *Empetrum nigrum* apparaît-il au Creux-du-Van.

A vrai dire, la mesure dans laquelle nos espoirs se sont réalisés est faible, ainsi que nous l'allons voir.

A la première question, nous pouvons apporter une réponse: les dépôts de Creux-du-Van I et Creux-du-Van II sont à peu près contemporains; ils datent, tous deux, de la seconde moitié du Subboréal. Nous en tirons immédiatement une première conclusion, à savoir que le dépôt ne s'est pas fait rapidement. En effet, l'accumulation d'humus, dans notre deuxième station, n'a été que de 80 cm en 3200 ans, ce qui représente une moyenne annuelle d'un quart de millimètre. En admettant, avec Gilot et Dommergues (1967), que la vitesse de décomposition de la matière organique est très lente, dans ce type de sol, force nous est d'en déduire que la litière végétale déposée chaque année doit être très faible. Il est fort probable, d'ailleurs, que la vitesse à laquelle ces dépôts d'humus brut se sont formés, n'a pas été constante, car leur structure n'est pas homogène. Dans notre station No 2, on trouve entre les blocs «un Mull calcique fin comme de la suie» (Richard, p. 95), de couleur presque noir; au-dessus, on passe à un Mor, d'abord très compact et de couleur foncée, virant au brun-noir vers le haut. Enfin, la partie supérieure du dépôt est riche en sphaignes peu ou pas décomposées. A la Schynige Platte, Welten (1958 b), étudiant des formations d'humus brut, démontre (dans son profil I, par exemple) que si, au début, l'accumulation est très lente, elle s'accélère par la suite, et la majeure partie de la formation date du Subatlantique. Il est à supposer que tous les blocs formant les éboulis du Creux-du-Van ne se sont pas détachés en même temps des parois dont ils proviennent. Il se peut, dès


Profondeur
cm.
Sédiments
Phases
AP
Quercetum mixtum
Salix
Juglans
Carpinus
Acer
Corylus, Alnus
Betula
0 5 10 5 10 15 20
Diagramme principal
AP + NAP = 100%
Varia
Cyper.
Gram.
AP
NAP
10 20 30 40 50 60 70 80 90
1320 ± 100 a.C.n.
NAP
Gram. > 38 µ
Chenopodiaceae
Caryophyllaceae
Plantago
Artemisia
Rumex
Umbelliferae
Compositae
Rubiaceae
Helianthemum
Empetrum
Ericaceae
Σ AP + Σ NAP
Spores
Pteridophyta
Sphagnum
X
IX
VIII
10 15 20 25 30 35 40 45 50 55 60 65 70 75 80
2,9 1,9 2,9 1,0 1,0 10 211 1,9 A 19
3,7 1,1 2,1 3,1 1,1 1,1 5,3 190 1,1 A
2,0 0,8 3,1 2,0 3,1 2,4 6,2 256
1,1 0,4 0,4 1,8 1,1 0,4 1,1 3,9 283 1,1 A 0,7
0,9 3,5 0,9 7,0 226 1,3 A 2,2
0,9 1,8 0,3 1,8 0,9 0,3 6,1 326 2,1 A 2,1
0,4 0,4 1,1 1,5 1,9 269 1,1 A 1,9
0,9 0,3 0,9 0,3 1,8 1,8 0,9 4,8 322 1,2 A 4,4
0,4 0,4 0,4 1,1 1,7 0,2 5,1 470 0,6 A 5,1
0,3 0,3 0,8 0,3 4,8 379 0,3 A 4,0
0,4 0,9 0,4 0,9 0,2 0,4 3,3 552 0,9 A 1,4
0,2 0,5 1,2 0,2 1,9 412 0,5 A 1,2
1,1 1,1 2,2 3,1 357 0,3 A 4,2
0,3 0,3 0,9 1,8 0,3 3,8 318 0,3 A 0,9
0,8 0,8 1,1 0,8 0,3 6,9 375 0,5
Sphaignes, autres mousses et lichens non décomposés.
Mor tourbeux
Eboulis calcaire
Mull calcique.

lors, que les premiers stades de colonisation des blocs par la végétation, tels qu'ils ont été décrits par Richard (1961, p. 90 et ssq.) ne sont pas contemporains. Néanmoins, le développement principal des dépôts d'humus brut que l'on observe au Creux-du-Van peut vraisemblablement être attribué au Subatlantique; il serait alors lié aux conditions climatiques particulières de cette époque.

Dans quelle mesure est-il possible de donner réponse à la seconde question, à savoir depuis quand l'épicéa colonise-t-il l'humus brut au Creux-du-Van? Nos analyses ne paraissent pas être, ici, d'un grand secours. En effet, les diagrammes polliniques semblent refléter l'allure générale de la végétation des environs du Creux-du-Van, plutôt que celle de nos stations. En fait, il est curieux que les diagrammes I et II correspondant, le premier à l'*Asplenio-Piceetum*, le second au Lycopodio-Mugetum soient si semblables. On sait, depuis les recherches de J. L. Richard, que l'association du *Lycopodio-Mugetum* ne se maintient, au Creux-du-Van, qu'à la faveur d'un microclimat exceptionnel et, notamment, d'un sous-sol ne dégelant presque jamais, ce qui explique la taille minuscule des épicéas qu'on y trouve. Dans la station I, celle de l'*Asplenio-Piceetum*, par contre, l'épaisseur de l'éboulis, beaucoup plus grande, isole la végétation du sous-sol très froid et permet ainsi à l'épicéa d'atteindre des dimensions plus normales. Il est très probable que la production de pollen par les épicéas de la station I est très supérieure à celle des exemplaires de la station II. Or les pourcentages atteints par le pollen de cette espèce, dans les deux stations, est le même avec un maximum de 15 %. Cela tient, sans doute, au fait que les deux stations étudiées ne sont pas très éloignées l'une de l'autre, d'une part, que la surface occupée par chacune des deux associations est très limitée, d'autre part.

Il est un point qu'il eût été aussi intéressant d'éclaircir: le pin de montagne est présent au Dos-d'Ane, à un kilomètre de nos points de prélèvement; pourquoi donc cette essence ne s'est-elle pas installée sur les dépôts d'humus brut, en lieu et place de l'épicéa? Là encore, nos diagrammes ne nous renseignent pas, hélas, à ce sujet.

Si les diagrammes que nous avons établis reflètent l'allure générale de la végétation des environs du Creux-du-Van plutôt que celle de nos stations, il serait illusoire d'essayer, grâce à eux, de montrer des différences dans l'évolution menant d'une part à l'*Asplenio-Piceetum*, d'autre part au *Lycopodio-Mugetum*.

Remarquons encore qu'il est normal de voir les diagrammes donner une image de la végétation des alentours du Creux-du-Van, plutôt que celle d'une station bien déterminée. Le régime des vents présente, ici, des particularités dignes d'être relevées. Ainsi que le note A. Graber (1924, p. 52), «quel que soit le vent dominant, ‹le vent› SW souffle au haut des roches, tandis que les éboulis ne sentent que ‹la bise› NE». En effet, quand souffle

le vent d'Ouest, du fait de l'orientation de l'hémicycle, une dépression s'y forme, créant un appel d'air du fond vers les rochers, dans le sens Est—Ouest. Par temps de bise, le vent d'Est est encore renforcé par l'effet de canalisation auquel il est soumis, lors de son passage dans les gorges de l'Areuse. A ces courants dynamiques viennent s'ajouter par temps calme et ensoleillé des courants thermiques, le fond du Creux-du-Van, à l'ombre, étant plus frais que les hauteurs au soleil. Ainsi donc, une bonne partie des grains de pollen déposés doit provenir de régions situées à l'Est des stations étudiées.

Quant au quatrième point que nous nous proposions d'élucider, la réponse que nous y apportons n'est, hélas, que partielle. Favarger, Richard et Duckert (1959) démontrent, en se fondant sur des études caryologiques, que l'*Empetrum nigrum* du Creux-du-Van s'est installé dans la région, après le retrait des glaciers quaternaires et que la recolonisation s'est faite à partir de l'Allemagne du Sud ou des Vosges essentiellement. Au Crêt de la Neige, dans le Jura méridional, on ne trouve pas *Empetrum nigrum*, mais *Empetrum hermaphroditum* dont l'implantation s'est faite à partir des Alpes, «à une période plus froide que l'actuelle, soit à la fin des temps rissiens, soit à la fin de la période würmienne». Nos diagrammes font état de la présence sporadique d'*Empetrum*, le premier dès le Subatlantique ancien, le second, dès la base, soit environ depuis le milieu du Subboréal. Il y a lieu de penser que cette espèce se trouve au Creux-du-Van depuis plus longtemps; depuis quand? Il nous est malheureusement impossible de le dire, les dépôts analysés ne remontant pas au-delà de la seconde moitié du Subboréal.

Chapitre VII

Evolution de la végétation à différents étages du canton de Neuchâtel

Suivant l'idée qui nous avait été suggérée, en 1954, par M. W. Lüdi, notre intention était de faire une étude comparée de l'évolution de la végétation tardiglaciaire et postglaciaire à différents étages du canton. A cet effet, nous avons analysé le matériel récolté en diverses stations et nous avons donné, dans les pages précédentes, les résultats obtenus.

Il convient de remarquer que nous considérons nos étages, dans les pages qui suivent, au sens géographique du terme; il s'agit donc de paliers d'altitudes différentes et non pas d'étages de végétation, la limite de ces derniers ayant pu varier au cours des temps. Nous distinguerons:

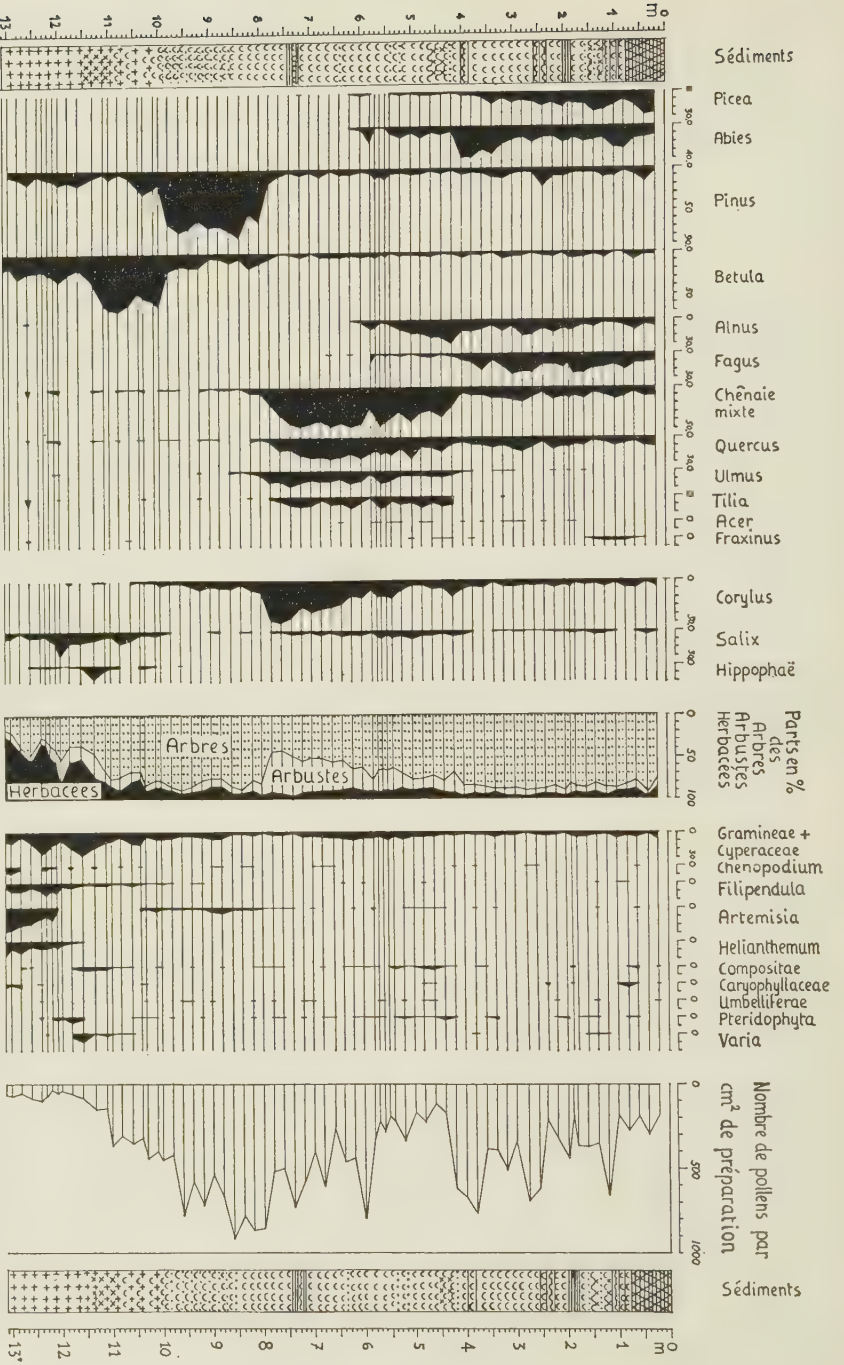
A. Un étage inférieur du canton. Les stations que nous y avons étudiées se trouvent toutes, sensiblement, à l'altitude du lac de Neuchâtel, soit à quelque 430 m.
B. Un étage moyen du canton; il correspond à la région de Noiraigue, soit à une altitude de l'ordre de 730 m.
C. Un étage supérieur du canton, enfin, englobant les hautes vallées du Jura neuchâtelois, dont le fond est compris entre 1000 et 1050 m.

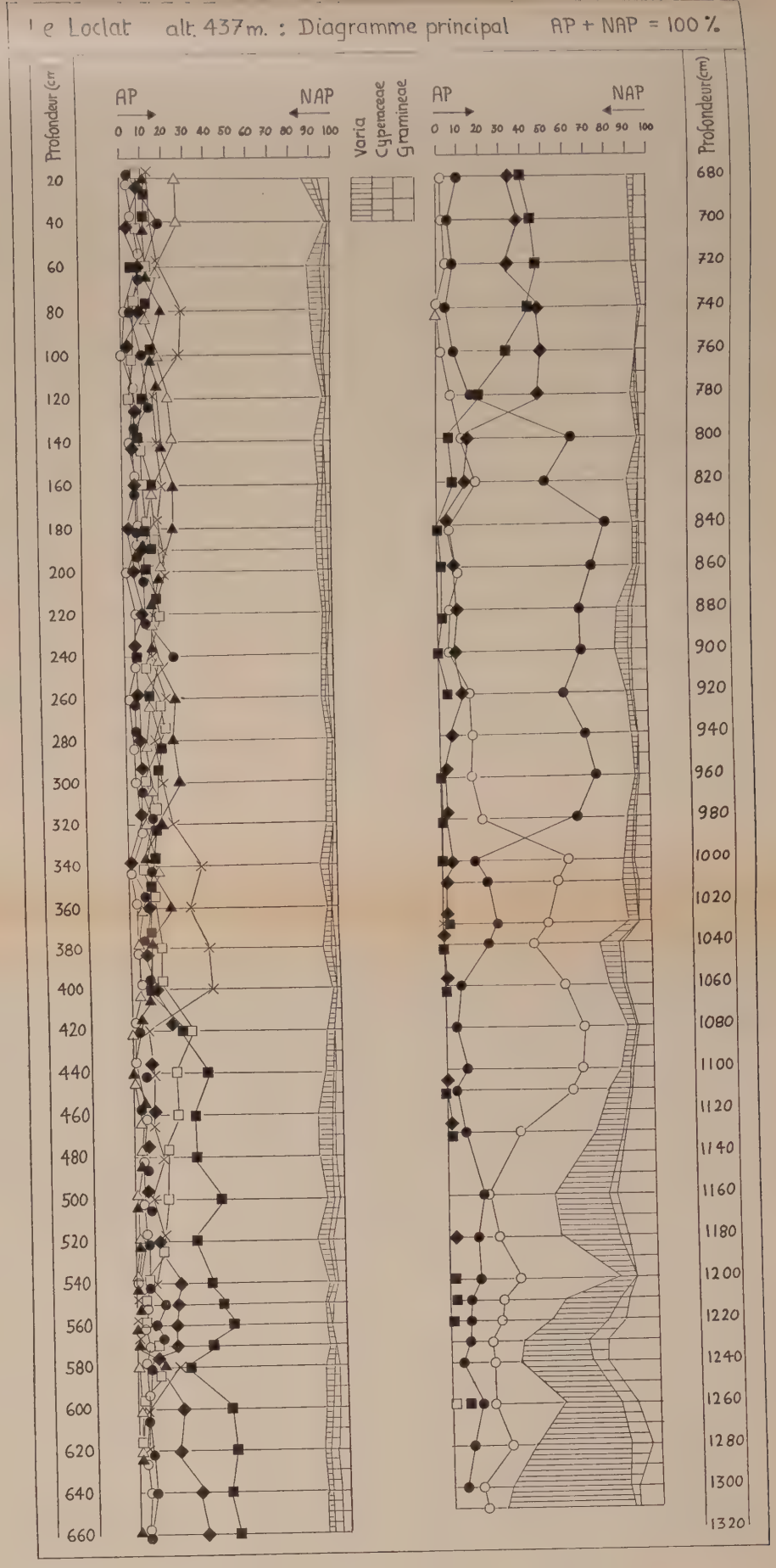
A. Etage inférieur du canton

Dans une note préliminaire (Matthey, 1958), nous avions publié un diagramme pollinique de l'étage inférieur du canton. Il s'agissait des résultats obtenus par l'analyse de 13,10 m de sédiments prélevés sur la rive Sud du petit lac du Loclat, aux environs de Saint-Blaise.

Nous avions reconnu une succession de phases de végétation, mais ne disposant pas du secours de la méthode au radiocarbone 14 pour l'établissement d'une chronologie absolue (les premiers résultats d'analyse au radiocarbone 14 ont été publiés, en Suisse, par Welten et Oeschger en 1957, soit l'année même où nous avions déposé notre manuscrit), nous avions renoncé à insérer ces phases dans les périodes climatiques fixées par Firbas (1949 et 1954) pour l'Europe moyenne et par Welten (1952 et 1958) pour le domaine du Nord des Alpes. A cette époque, on ne connaissait pas le rôle qu'avait pu jouer *Ephedra* (Welten 1957), ni l'importance que l'on pouvait attribuer à *Juniperus* (Bertsch 1961 a et b).

Néanmoins il vaut la peine, pensons-nous, de tenter aujourd'hui ce à


Sédiments
Picea
Abies
Pinus
Betula
Alnus
Fagus
Chênaie mixte
Quercus
Ulmus
Tilia
Acer
Fraxinus
Corylus
Salix
Hippophaë
Parts en % des Arbres Arbustes Herbacées
Arbres
Arbustes
Herbacées
Gramineae + Cyperaceae
Chenopodium
Filipendula
Artemisia
Helianthemum
Compositae
Caryophyllaceae
Umbelliferae
Pteridophyta
Varia
Nombre de pollens par cm² de préparation
Sédiments
m
Craie lacustre
Tourbe
Argile
Terre
Débris végétaux, radicelles
Débris de coquilles de mollusques


Le Loclat alt. 437m. : Diagramme principal AP + NAP = 100 %
Profondeur (cm)
AP
NAP
0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100
Varia
Cyperaceae
Gramineae
AP
NAP
0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100
Profondeur (cm)
20 40 60 80 100 120 140 160 180 200 220 240 260 280 300 320 340 360 380 400 420 440 460 480 500 520 540 560 580 600 620 640 660
680 700 720 740 760 780 800 820 840 860 880 900 920 940 960 980 1000 1020 1040 1060 1080 1100 1120 1140 1160 1180 1200 1220 1240 1260 1280 1300 1320

quoi nous avions renoncé, il y a quelque 10 ans. La difficulté, en effet, ne nous paraît pas insurmontable, malgré les lacunes auxquelles nous venons de faire allusion. Le travail de R. Häni (1964) nous aidera, en l'occurrence, à mettre au clair la chronologie des événements de l'histoire de la végétation dans la région du Loclat, soit au pied même du Jura central.

R. Häni publie les analyses polliniques de sédiments provenant de quatre stations des environs d'Aarberg: Mülifeld, Gimmiz, Kappelen et lac de Lobsigen. Cette dernière station nous intéresse particulièrement en ce sens que les couches les plus anciennes du Tardiglaciaire y ont été atteintes. De par sa situation relativement proche du Loclat (23 km à vol d'oiseau) et du pied du Jura (une douzaine de kilomètres en ligne droite), cette station doit nous permettre de fructueuses comparaisons. Afin de mettre en parallèle, dans les meilleures conditions, le diagramme de R. Häni et le nôtre, nous avons refait ce dernier, non pas en «silhouettes», tel qu'il fut publié, mais selon la manière classique, pour la partie principale seulement. Nous joignons à ce travail et notre ancien diagramme et le nouveau.

A. 1. Pendant le Tardiglaciaire

1. Dryas ancien inférieur: antérieur à 11 300 a. C. n.

Cette période correspond aux sédiments compris entre 13 m 10 et 11 m 60. La végétation est essentiellement herbacée avec abondance de Graminées, de Cypéracées, d'*Artemisia,* d'*Helianthemum* et de *Filipendula.* Le pin et le bouleau, seules espèces arborescentes, sont présents tous deux, le second dominant le premier; la part de leur pollen reste faible par rapport à l'ensemble.

2. Oscillation de Bölling: de 11 300 à 10 350 a. C. n.

Cette amélioration climatique se traduit, sur notre diagramme, entre 11 m 60 et 10 m 80, par une forte diminution de la part des herbacées, des Graminées et des Cypéracées notamment, d'*Artemisia* et d'*Helianthemum* qui disparaissent du diagramme, la première momentanément, la seconde définitivement. Notons en passant que la brusque disparition d'*Artemisia* à partir de 12 m 60, vers le haut, nous paraît être une anomalie due à une dégradation de son pollen par un phénomène que nous ne nous expliquons pas. Au début de l'oscillation, la part de *Betula* s'est un peu amenuisée au profit de celle de *Pinus. Hippophaë* connaît une extension importante, suivie d'une régression vers la fin de la période. Il en va de même pour *Pinus* qui diminue, alors que le bouleau augmente à nouveau.

3. Dryas ancien supérieur: de 10 350 à 10 000 a. C. n.

Les sédiments compris entre 10 m 80 et 10 m 30 font apparaître une reprise assez nette des herbacées et une régression des arbres parmi lesquels le pin s'étend, alors que le bouleau diminue. Cet effacement des arbres au profit des herbacées paraît être le signe d'une dégradation du climat.

4. Alleröd: de 10 000 à 8800 a. C. n.

Forte augmentation, dès le début, de la proportion des espèces arborescentes. Dans une première phase, comprise entre 10 m 30 et 9 m 90, le bouleau domine nettement le pin, puis ce dernier, dans une seconde phase, comprise entre 9 m 90 et 9 m 20, s'étend brusquement, alors que Betula est en pleine régression. Nous entrons dans l'âge du pin proprement dit.

5. Dryas récent: de 8800 à 8200 a. C. n.

Entre 9 m 20 et 8 m 40, la part du pollen des espèces herbacées prend à nouveau davantage d'importance, grâce spécialement à une dernière belle poussée d'*Artemisia,* accompagnée par une légère augmentation des Graminées et des Cypéracées. Il convient de remarquer — et cela apparaît également sur le diagramme de R. Häni — que dès la forte extension des espèces arborescentes caractérisant l'oscillation de Bölling, la «forêt» ne reculera jamais, dans notre région, d'une façon aussi sensible que celle qui fut observée si fréquemment en Europe moyenne. Constatons encore que tant *Corylus* que le *Quercetum mixtum* apparaissent de façon sporadique, il est vrai, dès l'Alleröd. Il ne faudrait pas en conclure que la chênaie mixte et la corylaie se manifestent dès cette époque. Il s'agit plutôt d'infiltrations provenant d'un niveau supérieur, car le trou de sondage, pratiqué dans une craie lacustre riche en eau, se remplit rapidement de liquide.

A. 2. Pendant le Postglaciaire

6. Préboréal: de 8200 à 6800 a. C. n.

Le bouleau qui avait beaucoup régressé dès le début de la seconde phase de l'Alleröd connaît, entre 8 m 40 et 8 m, une dernière et passagère extension. Ce sommet secondaire que Häni trouve au lac de Lobsigen et Wegmüller dans la plupart des stations étudiées et notamment celles des régions basses telles que «La Tourbière» ou le lac de Chalain, est une des caractéristiques du Préboréal; le début, quoique modeste encore, de l'extension parallèle du noisetier et de la chênaie mixte, en est un autre.

7. Boréal: de 6800 à 5500 a. C. n.

Cette période correspond aux sédiments compris entre 8 m et 7 m 40. Elle débute par l'extension massive et simultanée du noisetier et de la chênaie mixte qui reste, d'ailleurs, subordonnée à *Corylus.* Le premier des constituants de la chênaie à prendre une certaine importance est *Ulmus;* il est suivi d'une extension parallèle de *Quercus* et de *Tilia,* cette dernière essence étant, toutefois, moins bien représentée que la première. La période s'achève au moment du croisement des courbes de *Corylus* en régression et du *Quercetum mixtum* en progression.

8. Atlantique ancien: de 5500 à 4000 a. C. n.

9. Atlantique récent: de 4000 à 2500 a. C. n.

Le pourcentage de pollen d'*Abies,* dans le diagramme de R. Häni, est toujours faible et les maxima obtenus par cet auteur restent inférieurs à

10 % de l'ensemble des pollens comptés. Chez nous, par contre, une phase expansive, dès la profondeur de 420 cm, permet à *Abies* d'atteindre, à 400 cm, un maximum absolu de 40 %. Il y a lieu de penser qu'au Loclat, une partie du pollen de sapin blanc vient de la chaîne Chaumont—Chasseral, entraînée par le Joran. Or nous avons vu que dans le Haut-Jura, le premier maximum d'*Abies* appartient encore à l'Atlantique récent et précède, de peu, le passage au Subboréal. Il est probable, dès lors, que la limite entre l'Atlantique récent et le Subboréal se situe aux environs de 380 cm. La période atlantique dure, en tout, 3000 ans. La craie lacustre accumulée pendant ce temps représenterait une couche de 360 cm d'épaisseur. Le dépôt annuel moyen serait de $\frac{3600 \text{ mm}}{3000 \text{ ans}} = 1{,}2$ mm. Au moment de son étude, Portner (1951) trouve un dépôt annuel de $0{,}7 \pm 0{,}3$ mm. Nous serions, pendant l'Atlantique, légèrement au-dessus de la limite supérieure de Portner. Tout en gardant présentes à l'esprit les restrictions faites par l'auteur quant à l'utilisation d'un dépôt annuel moyen comme étalon chronologique pendant une longue durée, nous appliquerons la méthode pour tenter de fixer une limite entre l'Atlantique ancien et l'Atlantique récent qui ont la même durée, soit 1500 ans chacun. Les sédiments déposés pendant chacun des deux âges seraient de $\frac{360 \text{ cm}}{2} = 180$ cm. La limite recherchée se situerait alors à $380 + 180 = 560$ cm. C'est précisément au voisinage de ce niveau que les premières traces régulières de *Fagus* et de *Picea* apparaissent, ainsi qu'une belle extension d'Alnus. Le développement de cette dernière essence, dans le même temps, est aussi bien visible dans le diagramme de Häni; il apparaît également dans les diagrammes de l'étage inférieur du Jura méridional étudié par Wegmüller.

Remarquons, pour terminer, qu'au sein de la chênaie mixte nous trouvons, par ordre décroissant d'importance, le chêne, l'orme et le tilleul, pendant l'Atlantique ancien, le chêne, le tilleul et l'orme, pendant l'Atlantique récent. *Acer* n'est représenté que très sporadiquement, de même que *Fraxinus*.

10. Subboréal: de 2500 à 800 a. C. n.

Cette époque est marquée, dès son début, par la présence massive d'*Abies* et à un moindre degré de *Fagus*. Il est vraisemblable que le Subboréal est intégralement contenu dans notre diagramme, bien que rien ne nous permette d'en fixer clairement la limite supérieure. Häni, par une datation au radiocarbone 14, fixe au début de notre ère, soit au temps des Romains, le premier développement important des Céréales et de *Juglans*, celui des espèces rudérales un peu plus tôt. Nos analyses ne nous ont révélé ni Graminées cultivées, ni noyer. Nous en concluons que si des sédiments subatlantiques forment les couches supérieures de notre sondage, il ne peut s'agir que des plus anciens d'entre eux. Les échantillons ayant été prélevés dans une plantation de peupliers, à proximité immédiate de cultures

maraîchères, il va sans dire que les couches superficielles ont été profondément remaniées par des labours répétés et qu'il serait illusoire d'attacher trop d'importance aux données qu'elles peuvent nous fournir.

11. Subatlantique: de 800 a. C. n. à nos jours

Nous en sommes hélas réduit, en partie du moins, pour cette période, au domaine des suppositions. Il y a néanmoins de fortes chances pour que la végétation en soit caractérisée par une fagabiétaie où domine tour à tour le sapin blanc, le hêtre ou l'épicéa. Il est vraisemblable aussi que le chêne se soit bien maintenu dans la région, tout au moins pendant le Subatlantique ancien. Dès le début de notre ère, voire même quelques siècles auparavant, l'influence humaine a dû se manifester par une diminution de la part des espèces arborescentes au profit des espèces herbacées parmi lesquelles les céréales ont tenu, sans doute, une place de choix.

Ces suppositions ne sont d'ailleurs pas entièrement gratuites mais se fondent sur les résultats obtenus par Häni, au lac de Lobsigen. Relevons encore que chez cet auteur, la part de la fagabiétaie reste très inférieure à ce qu'elle est chez nous, tandis que celle de la chênaie y est plus importante du Subboréal à nos jours. Nous pensons que par suite de la proximité de la chaîne de Chaumont, du pollen de l'étage montagnard peut très bien avoir été transporté jusque dans la région du Loclat, alors qu'un tel transport nous paraît plus problématique dans celle du lac de Lobsigen.

Note: Dans le cadre de cette étude de l'évolution tardi- et postglaciaire de la végétation à l'âge inférieur du canton, nous avons analysé, quant à leur teneur en pollen, des sédiments prélevés sur «La Motte», colline immergée sise au large de l'embouchure de l'Areuse, à peu près à mi-distance entre la rive Nord et la rive Sud du lac de Neuchâtel.

La technique des sondages de «La Motte» a été exposée par Quartier (1959). M. Wüthrich a analysé les sédiments prélevés pour en déterminer le contenu en diatomées (1960 et 1961).

Le sondage sur lequel nous avons porté notre choix a livré 395 cm de sédiments suffisamment riches en grains de pollen pour permettre une étude sur laquelle nous fondions de grands espoirs. Les résultats de l'analyse nous ont amené à tirer les conclusions suivantes:

a) tant à la base qu'au sommet, des lacunes apparaissent dans la sédimentation;
b) les sédiments placés au contact de la moraine appartiennent soit à la fin de l'Alleröd, soit au Dryas récent;
c) les phases de dominance, successivement de *Pinus*, de *Corylus*, du *Quercetum mixtum* sont bien visibles et les maxima sont très voisins de ceux que nous avons observés au Loclat: *Pinus* 80 %, *Corylus* 65 %, *Quercetum mixtum* 55 % de l'ensemble des pollens comptés;
d) la phase de dominance d'*Abies* n'est pas apparente, bien que nous ayons une fagabiétaie;

e) la partie du diagramme correspondant au Subatlantique est incomplète.

Le sommet de «La Motte» est actuellement à quelque 9 m au-dessous du niveau moyen du lac. Quartier (1959) signale que dans le lac de Neuchâtel, des ripple-marks peuvent encore se former sous 13 m d'eau. Ainsi, l'érosion par les vagues a pu se faire sentir à plus d'une reprise, depuis la formation du lac, ce qui enlève aux résultats fournis par l'analyse des sédiments de «La Motte» une partie de leur valeur. C'est pourquoi le diagramme de cette station ne figure pas dans le présent travail, bien qu'il confirme les résultats du Loclat pour les périodes préboréale, boréale et atlantique.

B. Etage moyen du canton

Les diagrammes de Noiraigue I et Noiraigue II constituent la base à laquelle nous nous référerons pour comparer l'évolution de la végétation à l'étage moyen du canton avec celle des étages inférieur et supérieur. Rappelons que nous sommes dans l'ignorance, en ce qui concerne la végétation de la majeure partie du Tardiglaciaire, le diagramme de «Sur-le-Vau» n'étant, hélas, que très fragmentaire.

C. Etage supérieur du canton

Nos comparaisons, pour cet étage, se fonderont sur les résultats de trois stations: «Sous-Martel-Dernier» et «Sur les Bieds» dans la vallée des Ponts et «Le Cachot», dans la vallée de la Brévine.

C. 1. Tardiglaciaire

Les données fournies par nos diagrammes, concernant cette époque, sont trop fragmentaires pour que nous en puissions tirer des conclusions valables quant à l'évolution comparée de la végétation, à différents étages du Jura central.

En effet, des renseignements précis nous manquent sur l'étage moyen, pendant cette période, et si des sédiments tardiglaciaires ont été atteints à tous les étages, il s'est avéré difficile, sinon impossible, de les rattacher à telle ou telle phase chronologique.

Deux choses sont néanmoins certaines:

a) dans le bas du canton de Neuchâtel, la forêt s'installe dès l'oscillation de Bölling, pour ne plus régresser, par la suite, de sensible façon;

b) dans le Haut-Jura neuchâtelois, si la forêt existe, sans aucun doute, pendant l'Alleröd, il est hélas impossible, sur la base de notre étude, de préciser davantage le moment de son implantation.

C. 2. Postglaciaire

Etage inférieur	Etage moyen	Etage supérieur	
Poussée secondaire de *Betula* et régression de *Pinus* qui reste toutefois l'essence dominante. Début de l'extension simultanée de *Corylus* et du *Quercetum mixtum.*	Dernière poussée de *Betula* au détriment de *Pinus* qui reste prépondérant. Apparition de la courbe continue de *Corylus* et, à la fin de la période, du *Quercetum mixtum.*	Apparition de la courbe continue de *Corylus* et, vers la fin, de la chênaie mixte. Le sommet secondaire de *Betula* n'est pas bien marqué.	*Préboréal*
Très forte régression de *Pinus* et de *Betula.* Extension massive et dominance de *Corylus;* dans la chênaie mixte qui lui est subordonnée, on trouve, par ordre décroissant d'importance: *Ulmus, Quercus, Tilia.*	Forte régression de *Pinus* et de *Betula.* Extension et dominance de *Corylus.* Chênaie mixte bien représentée avec, d'abord, dominance d'*Ulmus* sur *Quercus* et sur *Tilia* qui ne joue qu'un rôle peu important.	Extension simultanée de *Corylus* et du *Quercetum mixtum.* Dans la vallée des Ponts, forte prépondérance d'*Ulmus* au sein de la chênaie. *Tilia* bien représenté. Dans la vallée de la Brévine, la prépondérance d'*Ulmus* ne devient nette qu'à l'Atlantique. Régression de *Pinus* et de *Betula.*	*Boréal*
Dominance: *Quercetum mixtum* avec, par ordre décroissant d'importance, *Quercus, Ulmus, Tilia* et, à un moindre degré, *Fraxinus.* Régression bien marquée de *Corylus.* A la fin de la période, apparition d'*Abies,* puis d'*Alnus.*	Dominance: *Quercetum mixtum* représenté surtout par *Quercus* et *Ulmus* sensiblement à égalité, puis par *Tilia* et *Fraxinus.* Apparition d'*Abies* sporadique, au début, régulière à la fin. Régression de *Corylus* qui reste toutefois bien représenté.	Dominance: *Quercetum mixtum* représenté en premier lieu par *Ulmus,* dans la plupart des stations. Développement important de *Fraxinus.* Apparition d'*Abies* à la fin de ce temps. (A «Sur les Bieds», apparition vers 5000 a. C. n. Peut-être s'agit-il d'impuretés.)	*Atlantique ancien*

Etage inférieur	Etage moyen	Etage supérieur	
Dominance: *Quercetum mixtum*, le chêne étant l'essence la mieux représentée de ce groupement, à côté d'*Ulmus*, de *Tilia* et de *Fraxinus*. *Alnus* s'achemine vers un maximum situé juste avant le passage au Subboréal, dans la vallée des Ponts, mais pas dans celle de la Brévine. Apparition régulière de *Picea* et de *Fagus*. Expansion d'*Abies*, à la fin.	Dominance: *Quercetum mixtum*, où domine d'abord *Quercus*, par la suite *Ulmus*. *Tilia* et *Fraxinus* sont abondants. *Alnus* dont le rôle reste effacé, passe par ses valeurs les plus importantes. Apparition de *Fagus* et de *Picea*. Expansion d'*Abies*, à la fin.	Dominance: *Quercetum mixtum* avec, au début, prépondérance de l'orme, du chêne ou du frêne, selon les stations et, à la fin, du chêne partout. *Alnus* connaît un modeste maximum peu avant la transition au Subboréal. Expansion d'*Abies* à la fin de cette période.	*Atlantique récent*
Dominance: *Abies*. Extension de *Fagus*. La chênaie mixte reste bien représentée; le chêne en est l'essence caractéristique; *Tilia* a pratiquement disparu. La part d'*Alnus* reste importante. A la fin, apparition de quelques espèces rudérales.	Dominance: *Abies*. Extension de *Fagus* et, à un moindre degré, de *Picea*. Régression de la chênaie mixte au sein de laquelle *Quercus*, *Tilia* et *Ulmus* jouent le rôle le plus important.	Dominance: *Abies* ou *Fagus*. Développement de *Picea*. Rôle très effacé du *Quercetum mixtum* où *Quercus* et *Fraxinus* prédominent.	*Subboréal*
La végétation de ce temps correspond à une fagabiétaie où dominent alternativement *Abies* et *Fagus*. *Picea*, peu important jusqu'ici, s'étend. Augmentation des plantes herbacées aux dépens des plantes arborescentes, sous l'influence humaine. Apparition des Graminées cultivées et de *Juglans* au début de notre ère ou peu avant. La chênaie reste assez importante (*Quercus* essentiellement).	Dominance: fagabiétaie. *Picea* se développe. La chênaie est peu importante et seul le chêne y joue quelque rôle. Les limites chronologiques du diagramme de Noiraigue II sont trop peu sûres pour que nous puissions en dire davantage.	Fagabiétaie sans dominance bien marquée d'*Abies* sur *Fagus* et sur *Picea* qui prend, par places, le premier rang. Pas de diminution apparente de la couverture forestière.	*Subatlantique ancien*

Etage inférieur	Etage moyen	Etage supérieur	
Forte diminution de la couverture forestière. Influence humaine caractérisée par le développement des espèces cultivées et des espèces rudérales.	La forêt reste une fagabiétaie. Premières manifestations importantes de l'influence humaine: extension des herbacées, apparition de pollens de céréales et d'espèces rudérales.	Premières traces de l'influence humaine: apparition des céréales, de *Juglans* et des espèces rudérales. La forêt est une fagabiétaie.	*Subatlantique*

Note: Nous ne perdons pas de vue le caractère quelque peu hypothétique de ce tableau, quant au Subatlantique des étages moyen et supérieur, les limites de ce temps n'ayant pas pu être fixées avec précision. Il y a lieu toutefois de penser que l'évolution de la végétation fut telle que nous l'imaginons ici.

Commentaires

Les tableaux dans lesquels nous venons de mettre en parallèle l'évolution végétale aux trois étages du Jura central appellent les commentaires suivants:

1. Les comparaisons auxquelles nous nous sommes livré font apparaître, aux différents étages du canton, pour chaque phase chronologique considérée, davantage de similitudes que de divergences et nous nous demandons s'il y a lieu de s'en étonner. A vrai dire, pas tellement. Moor (1951, p. 634) remarque: «Il faut relever que même sur ses monts les plus élevés, le Jura n'atteint pas des altitudes dans lesquelles la pessière représente le stade final de l'évolution, déterminée par le climat général; par conséquent, cette association n'y arrive pas au climax et l'étage subalpin n'y est donc pas atteint. C'est pourquoi l'étage montagnard occupe, dans le Jura, une amplitude altitudinale extraordinaire: le *Fagion* le recouvre entièrement, depuis le Plateau jusqu'à ses sommets.»

Si actuellement l'alliance du *Fagion* représente l'association climacique de tout le Jura (de 500 m à 1500 m), il ne serait pas surprenant qu'à d'autres époques, on puisse retrouver une même unité pour d'autres groupements climaciques.

2. Dans tous les diagrammes, on voit, pendant le Tardiglaciaire, des poussées successives de *Betula* et de *Pinus*, les courbes de ces deux essences pouvant se recouper plusieurs fois. La plupart des auteurs actuels voient, dans ces dominances alternées du bouleau et du pin, le reflet de variations de température favorisant le développement d'une des espèces au détriment de l'autre.

A la base du Dryas ancien, le bouleau est souvent mieux représenté que le pin, mais la végétation est essentiellement herbacée ainsi qu'en témoigne la très forte proportion des espèces non arborescentes. La végétation de cet âge est celle d'une toundra et il y a de fortes chances pour que le bouleau qu'on y trouve soit *Betula nana.* On sait qu'il est souvent très difficile de faire la différence entre les pollens fossiles appartenant à deux espèces d'un même genre, car la taille qui est fréquemment un critère important de détermination est modifiée par les traitements auxquels les grains sont soumis lors de leur préparation à l'analyse. On s'efforce alors, chaque fois que cela est possible, de trouver dans les sédiments des macrorestes tels que fruits, fragments de feuilles etc. C'est ainsi qu'à Vidy (Lausanne), Villaret (1965, p. 16) a trouvé dans une couche correspondant au Dryas ancien inférieur de nombreux macrorestes de *Betula nana* associés à des restes fossiles de *Dryas* et de *Juniperus.*

On est assez mal renseigné sur le pin. Bertsch (1940) pense que les premiers pollens de cette essence proviennent de *Pinus Mugo,* tout au moins en Haute-Souabe. Firbas (1949), Lang (1952) supposent, par contre, que *Pinus silvestris* peut avoir existé très tôt au Nord des Alpes. Lüdi (1957) admet également que dans les environs de Zürich, les deux espèces ont existé, mais en bosquets isolés, pendant le Dryas ancien inférieur. La présence actuelle de nombreux peuplements reliques de *Pinus Mugo* dans le Jura (tourbières, arêtes rocheuses) donne à penser que le pollen observé est, en partie tout au moins, celui du pin de montagne, car on ne verrait pas, sinon, à quelle époque ultérieure cette essence aurait immigré dans le Jura.

Pendant l'oscillation de Bölling, on constate en général une baisse de la proportion des espèces herbacées et une forte extension de *Betula,* du moins dans les régions basses. De quel bouleau s'agit-il? Près de la source de la Schussen (près de Federsee, au Nord du lac de Constance), G. Lang (1962 a) trouve dans une couche qu'il rattache à cette époque de nombreux macrorestes de *Betula pubescens,* des restes plus rares de *Betula pendula.* A. Bertsch (1961 b), dans les environs du lac de Constance également, fait des trouvailles analogues. Plus près de chez nous, Villaret (1965), dans une couche qu'il pense pouvoir attribuer à l'oscillation de Bölling, détermine également des restes macroscopiques qu'il considère comme provenant de *Betula pubescens* et de *Betula pendula.*

On assiste, pendant l'Alleröd, à un développement considérable de *Pinus.* Dans la station mentionnée ci-dessus, Lang (1962 a) trouve que les sédiments de cette époque renferment des aiguilles de *Pinus silvestris,* essence qui, selon lui, aurait joué le rôle principal pendant l'âge du pin.

Au Préboréal, il apparaît régulièrement un sommet secondaire du bouleau, dans les diagrammes. Alors que cette ultime poussée peut être très fortement marquée, au point qu'elle amène *Betula* à dominer *Pinus* dans

les environs du lac de Constance, elle est plus modeste, dans notre région. Aucune explication satisfaisante n'a été donnée de ce point particulier de l'évolution forestière, à notre connaissance. Ni Lüdi (1955), ni Firbas (1949), ni Bertsch (1961) qui se sont penchés sur ce problème, n'en donnent la solution. On sait que le Dryas récent est caractérisé par une détérioration plus ou moins forte du climat qui se traduit par un éclaircissement de la forêt de pin (qui est à ce moment l'essence dominante) ainsi qu'en témoigne l'extension secondaire et passagère de *Juniperus*, mise en évidence par Bertsch (1961). Le Préboréal est marqué par une amélioration des conditions thermiques et une tendance du climat à la continentalité. On pourrait éventuellement penser que l'amélioration thermique du Préboréal aurait permis cette fois aux *Betula pendula* et *pubescens* de s'établir, alors qu'au Dryas ancien, il s'agissait surtout de *Betula nana* et que le pin qu'ils auraient remplacé serait le pin de montagne, à faibles exigences thermiques.

3. Dans le Sud de l'Allemagne, Bertsch (1961 a et b) a montré que le genévrier présente deux maxima dans son développement: le premier correspond à l'oscillation de Bölling, le second au Dryas récent. L'extension de *Juniperus* pendant l'oscillation de Bölling marque, selon l'auteur, le début de l'invasion de la toundra par la forêt. Le développement secondaire du Dryas récent, moins important en général, traduit un éclaircissement de la forêt de pin installée pendant l'Alleröd, à la suite d'une dégradation du climat.

Dans le diagramme que R. Häni a établi pour le lac de Lobsigen, *Juniperus* n'apparaît que pendant le Dryas ancien inférieur. Au Loclat, nous avons trouvé des traces de genévrier dans les sédiments de la même période ainsi que dans ceux du début de l'oscillation de Bölling. En nous référant aux conclusions de Bertsch, il faudrait admettre que la première colonisation forestière est un peu plus précoce, au pied du Jura central, que dans la région du lac de Constance étudiée par l'auteur. Nous n'en serions guère surpris car Villaret (1965, p. 15), à la suite de l'étude palynologique de matériel provenant de Vidy (Lausanne), suppose également que le maximum de *Juniperus* pourrait être plus ancien dans la région lémanique que dans le Sud de l'Allemagne.

Remarquons encore que si la forêt implantée pendant l'oscillation de Bölling est relativement dense au pied du Jura central, elle était sans doute beaucoup plus clairsemée dans les régions élevées; nous y voyons une conséquence normale de l'altitude, peu favorable à l'installation de la forêt dont la limite, à cette époque, devait encore se trouver au-dessous de 1000 m.

4. L'Alleröd semble marquer la colonisation du Haut-Jura central par une forêt dont la densité n'est pas encore très grande, ainsi que paraît en témoigner, à «Sous-Martel-Dernier», la présence de *Juniperus* à cette époque.

Au pied du Jura, l'amélioration climatique de l'Alleröd se traduit par une augmentation de la densité de la forêt implantée, nous l'avons vu, pendant l'oscillation de Bölling et par une modification de sa composition, le pin devenant, de loin, l'essence dominante. A ce propos, remarquons que ce développement de *Pinus* n'est peut-être pas imputable au climat exclusivement, car le sol a dû jouer un rôle, le pin silvestre préférant les sols sableux.

5. Firbas (1949, p. 304 et ssq.) a montré que dans le Nord de l'Europe moyenne, l'amélioration climatique de l'Alleröd est suivie, pendant le Dryas récent, contemporain de la dernière avance glaciaire dans le domaine alpin (stades de Gschnitz et de Daun), d'un net recul de la forêt et d'un développement parallèle des espèces arbustives et herbacées. Dans les régions méridionales de l'Europe moyenne, le phénomène ressort des diagrammes avec beaucoup moins de clarté. Les recherches de Welten (1957) sur la signification des grains de pollen fossiles d'*Ephedra*, celles de Bertsch (1961 a et b) sur le comportement de *Juniperus*, permettent toutefois de jeter quelque lumière sur cet épisode de notre histoire forestière.

Selon Welten, *Ephedra*, pendant le Tardiglaciaire, apparaît dans les diagrammes de stations suisses du plateau et de la bordure alpine, tant au Dryas ancien qu'au Dryas récent, mais pas à l'Alleröd. Bertsch, quant à lui, date le Dryas récent du Sud de l'Allemagne en se fondant sur une extension secondaire de *Juniperus*.

Dans notre région, la seule trouvaille d'*Ephedra*, à l'étage inférieur, se trouve dans le Dryas ancien du lac de Lobsigen. A l'étage moyen nous en avons trouvé au Dryas ancien de «Sur le Vau». Les sédiments de l'étage supérieur en renferment, au Dryas ancien, dans les deux sondages de la vallée des Ponts et dans celui de la vallée de la Brévine.

Ainsi, en nous fondant sur l'absence de pollen d'*Ephedra* et sur l'inexistence d'un développement secondaire de *Juniperus* pendant le Dryas récent, il nous est possible de dire que la dégradation climatique si caractéristique de cette période dans le Nord de l'Europe moyenne n'apparaît pas à l'étage inférieur de notre canton. Dans le Haut-Jura central par contre, les difficultés éprouvées à délimiter avec certitude les diverses phases du Tardiglaciaire, nous empêchent d'émettre un jugement valable sur l'intensité de la dégradation climatique de cette région pendant la même période.

6. *Corylus* atteint ses valeurs les plus élevées pendant le Boréal. Au Loclat, le pollen de noisetier représente, à son maximum, 50 % de l'ensemble des grains comptés, à Noiraigue 60 %, dans la vallée des Ponts près de 40 % et dans celle de la Brévine 30 %.

Zoller (1960 a) publie une carte très suggestive montrant la répartition de Corylus dans les pays alpins, pendant le Boréal. Il ressort de cette carte que trois zones peuvent être individualisées avec netteté:

a) la première, au Nord-Ouest des Alpes, s'étend des Alpes de Savoie au lac de Constance et comprend également le Jura, les Vosges et la Forêt-Noire. Elle est caractérisée par une forte extension de *Corylus* et la chênaie mixte y est importante pendant la dominance du noisetier;

b) la seconde, au Nord-Est des Alpes, s'étend de l'Allgäu aux Alpes autrichiennes. Les pourcentages de *Corylus* y sont sensiblement inférieurs à ceux de la première zone. L'épicéa est déjà solidement implanté pendant le Boréal et, de ce fait, la part de la chênaie mixte y est moindre que dans le domaine occidental;

c) la troisième, insubrienne, fait apparaître dans tous les diagrammes une teneur en *Corylus* extrêmement basse.

Ainsi, les résultats que nous obtenons, en ce qui concerne le coudrier, dans le Jura central, s'insèrent parfaitement dans la première zone de Zoller.

Notons encore que selon K. Bertsch (1940), le noisetier se serait étendu, à partir de refuges situés dans le Sud-Ouest de l'Europe, pour atteindre l'Europe moyenne au Boréal; de là, il aurait gagné la Suède puis la Finlande où son expansion se situerait au Néolithique, c'est-à-dire à la limite entre l'Atlantique récent et le Subboréal. Il faut toutefois remarquer que Kanerva (1956), dans ses diagrammes du Nord-Est de la Finlande, signale la présence de *Corylus,* très régulièrement à l'époque boréale, souvent déjà au Préboréal.

Dans les Alpes bernoises, selon Welten (1958), le noisetier n'entre dans sa phase d'expansion que vers 6000 ans a. C. n., soit avec un retard d'un demi-millénaire, en tout cas, sur ce que nous observons dans notre région. Cette immigration tardive du noisetier dans les Alpes bernoises serait, selon l'auteur, un argument en faveur d'une thèse plus récente (découlant des travaux de Mullenders et Gullentops en Belgique, de Zagwijn et de v. Zeist en Hollande, de Godwin, Walker et Willis en Grande-Bretagne, cités par Welten) qui situe dans le Nord-Ouest de l'Europe les refuges de *Corylus* pendant la dernière glaciation, et non pas dans le Sud-Ouest. A l'appui de cette thèse, mentionnons encore que Leroi-Gourhan (1964) a trouvé dans les couches archéologiques d'Arcy-sur-Cure, dans l'Yonne, du pollen d'*Alnus*, de *Corylus*, de *Quercus*, de *Tilia* et de *Carpinus*. Même si la part des pollens arborescents ne représente, à Arcy-sur-Cure, que le 5 % de l'ensemble, cette découverte est intéressante, car la sédimentation de ces pollens remonte au Würm I. A Kesselt, dans le Nord-Est de la Belgique, Bastin (1967) a également trouvé, pour la même période, de l'aulne, du noisetier, du chêne et de l'orme en quantités appréciables et les mêmes essences, mais en moindre quantité, pendant le Würm II. Bastin se demande si ces essences ont pu se maintenir jusqu'au Tardiglaciaire. Si tel était le cas, le problème du refuge (ou tout au moins d'un des refuges) de ces espèces pendant la dernière glaciation serait éclairci.

Firbas (1949, p. 378) reproduit un diagramme publié en 1937 par Oberdorfer qui fait apparaître et *Corylus* et divers éléments du *Quercetum mixtum* pendant l'Alleröd. Les sédiments qui ont permis de l'établir ont été prélevés près de Colmar, à une altitude de 180 m. La part du noisetier est de 14 %, celle du chêne de 4 %, celle de l'orme de 3 %. Faisant suite à cette apparition précoce d'éléments thermophiles, une reprise de *Pinus*, pendant le Dryas récent, parle en faveur d'une nouvelle dégradation du climat. Pendant tout le Préboréal, *Corylus* est bien représenté et son expansion se fait ensuite, normalement, dès le passage du Préboréal au Boréal. Faudrait-il, dès lors, considérer la vallée du Rhin comme une voie de migration possible de *Corylus* et des éléments du *Quercetum mixtum* à partir de refuges belges ou néerlandais?

7. La chênaie mixte se développe parallèlement au noisetier ou avec un très faible retard, à tous les étages du Jura central. Les recherches poursuivies en Hollande, en Belgique et en France, dont nous avons parlé au paragraphe précédent, nous incitent à penser que les essences de la chênaie ont emprunté, à partir de refuges européens nord-occidentaux, les mêmes voies d'immigration que le coudrier. Comme on le constate presque partout au Nord-Ouest des Alpes (Zoller 1960 a), le premier des constituants du *Quercetum mixtum* à se développer chez nous est *Ulmus*. Bertsch (1940, p. 33) suppose que cette extension de l'orme, précédant selon les régions celle du chêne ou celle du tilleul, pourrait être due au fait que le fruit ailé d'*Ulmus* se prête mieux à la dissémination par le vent que le gland ou les nucules du tilleul.

La dominance d'*Ulmus* sur les autres espèces du Quercetum mixtum est de courte durée dans les régions basses de notre canton: elle cesse pendant ou avec le Boréal. Il en va de même à l'étage moyen. A l'étage supérieur, par contre, la dominance d'*Ulmus* se poursuit généralement jusqu'à l'Atlantique récent; c'est au moment où *Abies* entre dans sa phase d'expansion que *Quercus* prend la première place au sein d'une chênaie dont l'importance a bien diminué.

Joray (1942, p. 74) commentant les résultats de son étude de la chênaie mixte, à l'Etang de la Gruyère, conclut: «Pourquoi *Ulmus* domine-t-il au début de la chênaie alors qu'à la Forêt-Noire, si proche, c'est Tilia qui a le premier rang? Avant de répondre à cette question, il faudrait savoir si l'envahissement d'*Ulmus* est une manifestation locale de la Gruyère, ce que nous ne pensons pas, ou si son extension est générale au pays.»

Le développement d'*Ulmus* n'est pas un phénomène local, et soulignons ici le mérite de Joray, qui le premier dans le Jura central met en évidence cette phase initiale de l'immigration du *Quercetum mixtum*. Ni Spinner, ni Ischer n'avaient avant lui reconnu l'importance de l'orme dans le Haut-Jura, pour des raisons que nous avons essayé d'expliquer dans nos commentaires sur la végétation de la vallée des Ponts-de-Martel. *Tilia* a-t-il

vraiment le premier rang dans la Forêt-Noire? En examinant les diagrammes de divers auteurs, reproduits par Firbas (1949, p. 378 ssq.), nous constatons qu'au moment de son expansion, la chênaie est dominée soit par l'orme, soit par le chêne, mais pas par le tilleul, et ceci tant dans les Vosges que dans la Forêt-Noire. Nous pensons que les exigences thermiques d'*Ulmus* sont moins grandes que celles de *Quercus* ou de *Tilia,* ce qui aurait permis son extension dans les régions basses, dès le début du réchauffement postglaciaire, et sa dominance prolongée dans les régions élevées.

Ainsi, nos résultats cadrent bien avec les conclusions de Zoller (1960 a, p. 197 et 1962 a, p. 180) qui voit, à l'âge du *Quercetum mixtum,* une véritable chênaie mélangée dans les régions basses, des forêts d'orme et de tilleul (avec un peu de chêne seulement) dans les régions élevées, et ceci dans tout le domaine compris entre les Alpes de Savoie et le lac de Constance.

Remarquons enfin que d'une façon générale, le frêne, amateur de sols humides, si nous en croyons Aubert et Gut (1948, p. 53) doit s'être mieux développé pendant l'Atlantique que pendant le Boréal; tous nos diagrammes confirment cette manière de voir à une exception près: une extension primaire de *Fraxinus* se manifeste, à «Sur les Bieds», à la fin de la période boréale. Il est vrai que si le frêne est généralement une espèce hygrophile, il peut aussi exister dans les stations du *Lithospermo-Quercetum* qui sont parmi les plus sèches du Jura. J. Bovet (1958) s'est efforcé, par l'étude cytologique de frênes de diverses provenances, de différencier les deux «races écologiques» «Wasseresche» et «Kalkesche», dont l'existence fut supposée par Münch et Dietrich (cités par Bovet). Il n'y est pas parvenu. Force nous est d'en déduire que le frêne ne saurait être l'indicateur certain d'une forte humidité.

8. Si l'aulne apparaît, pendant le Tardiglaciaire, dans tous les diagrammes, la courbe continue de cette essence ne se forme pas avant le Boréal. Les pourcentages les plus élevés sont toujours situés dans l'Atlantique et, plus particulièrement, dans la moitié la plus récente de cette période. On observe régulièrement une extension d'*Alnus* juste avant le développement massif d'*Abies,* soit pendant l'Atlantique récent.

Notons encore que pendant le Subboréal, la part de l'aulne, quoique un peu plus faible que dans la période précédente, n'en reste pas moins importante, spécialement dans les régions élevées, ce qui semble indiquer une fois encore que l'humidité dont *Alnus* est avide, n'a guère diminué dans le Haut-Jura central.

9. L'apparition d'*Abies* et son expansion qui s'accompagne partout d'une forte régression de la chênaie mixte est à peu près simultanée, à tous les étages du canton, peut-être un peu plus tardive dans le Haut-Jura que dans les régions basses. La chronologie absolue au radiocarbone 14 établie

en plusieurs stations d'altitudes différentes nous renseigne sur la vague d'expansion de cette essence.

a) Au Cachot, dans la vallée de la Brévine, les premières traces d'*Abies* apparaissent dès l'Atlantique ancien, sans qu'il nous soit possible de préciser si c'est au début ou à la fin de la période, puisque, ainsi que nous l'avons remarqué, il semble y avoir une lacune dans la sédimentation correspondant à cet âge. L'expansion elle-même, au moment où le sapin blanc supplante la chênaie mixte, est datée de 2880 ± 100 ans a. C. n.; elle appartient donc à la fin de l'Atlantique récent.

b) Dans la vallée des Ponts-de-Martel, la courbe continue du sapin blanc se forme, comme à la Brévine, pendant l'Atlantique ancien et l'expansion se situe à l'Atlantique récent, ce qui ressort clairement du diagramme de «Sur-les-Bieds», mais n'apparaît pas dans celui de «Sous-Martel-Dernier». Dans le chapitre consacré à cette vallée, nous avons tenté d'expliquer les raisons qui nous font considérer comme très douteuse la date de 2290 ± 100 ans a. C. n.; nous n'y reviendrons pas ici.

c) L'analyse au radiocarbone 14 d'une carotte prélevée dans la station de Noiraigue II donne un âge moyen de 3870 ± 100 ans a. C. n. La moitié inférieure de la carotte correspond à de la tourbe de bas-marais, la moitié supérieure à de la tourbe de haut-marais. Le sédiment prélevé à la profondeur de 120 cm correspondant au niveau supérieur de la carotte est forcément postérieur à la valeur moyenne de 3870 ± 100; comme la véritable expansion d'*Abies* se place encore un peu au-dessus de ce sédiment, on peut, pensons-nous, admettre qu'elle doit être comprise entre 3500 et 3000 ans a. C. n. environ.

d) Au lac de Lobsigen, R. Häni, sur la base d'une détermination au radiocarbone 14, fixe l'apparition de *Fagus* à 3000 ans a. C. et estime que celle d'*Abies* ne lui est que de peu antérieure. La phase d'expansion d'une essence ayant toujours un certain retard sur le moment de son implantation, nous pouvons fixer le développement d'*Abies* dans cette région où il est d'ailleurs peu important, aux environs de 3000 a. C. n., soit vers la fin de l'Atlantique récent.

Ainsi, nous estimons que dans le Jura central, l'expansion du sapin blanc n'est en aucun cas antérieure à 3500 ans a. C. n.; elle doit se situer entre 3500 et 3000 ans avant notre ère.

Zoller (1960 a, 1962 b, 1964) s'est attaché à donner une vue d'ensemble de l'expansion du sapin blanc en Suisse, au cours des temps postglaciaires. Pendant la glaciation würmienne, selon l'auteur, *Abies* est cantonné dans des refuges balkanique, italien et ibérique. Pendant le Tardiglaciaire et notamment lors de la recolonisation forestière de l'Alleröd, le sapin est pratiquement absent aussi bien du versant Sud que du versant Nord des Alpes, ainsi que de la partie septentrionale des Pyrénées. *Abies* est présent, au Tessin, dès le Préboréal. Il y a immigré à partir des Apennins en lon-

geant les Alpes piémontaises. On sait qu'au Sud des Alpes, le noisetier et la chênaie mixte sont très peu développés pendant le Boréal. Zoller (1960 a et b) attribue ce phénomène au fait que le sapin ayant, pendant cette période, atteint des altitudes de 1000 m à 1500 m, empêchait par l'ombre qu'il produisait le développement normal des espèces avides de lumière.

Remarquons encore que dans le domaine sud-alpin, le lac de Garde forme une limite à l'Ouest de laquelle *Abies* existe au Boréal, alors qu'à l'Est, où il fait défaut, *Picea* est présent. Pendant l'Atlantique ancien, ces deux essences franchiront cette limite en sens inverses, *Abies* vers l'Est, *Picea* vers l'Ouest et se trouveront dès lors mêlées de part et d'autre du lac de Garde.

A la fin du Boréal, le sapin blanc s'implante dans la vallée du Rhin antérieur. Dans les Alpes occidentales françaises étudiées par J. Becker (1952), il apparaît que le sapin blanc ne se développe pas avant l'Atlantique, soit avec un retard considérable sur la bordure piémontaise des Alpes. Notre essence, venant de l'Ouest, gagne les Alpes vaudoises (Villaret 1958) et bernoises vers 4000 a. C. n. (Welten 1958), soit à la fin de l'Atlantique ancien.

A partir des Alpes françaises, le sapin se répand dans d'autre direction que celle des Alpes suisses: il atteint le Massif central où Lang et Trautmann (1961) fixent son apparition à la limite entre l'Atlantique ancien et l'Atlantique récent (lac de Sahliens, dans les Monts d'Aubrac, en Auvergne) et son expansion au début du Subboréal, soit avec un léger retard sur ce que nous observons dans le Jura central.

Vers le Nord-Est, *Abies* gagne le Jura méridional où Wegmüller fixe son expansion à 3500 ans a. C. n. environ, puis le Jura central, son développement y remontant à une période comprise entre 3500 et 3000 ans a. C. n., comme nous l'avons montré.

Lang (1955), sur la base d'analyses au radiocarbone 14, fixe le début de l'expansion du sapin blanc, dans le Sud de la Forêt-Noire, entre 3000 et 2500 ans a. C. n. Les recherches de Hauff (1960), dans la même région, aboutissent à des conclusions analogues.

10. La fagabiétaie fait suite à la chênaie mixte qu'elle supplante, dans la dominance, généralement dès la seconde moitié de l'Atlantique récent. Sur nos diagrammes, il n'est pas toujours facile de saisir, au premier coup d'œil, les variations dans le temps de cette association; leur examen nous permet, toutefois, de tirer les conclusions suivantes:

a) A tous les étages de la région étudiée, l'ordre de dominance des constituants de la fagabiétaie, au moment de son implantation, est le même: 1. *Abies*. 2. *Fagus*. 3. *Picea* (une seule exception: «Sur-les-Bieds» où, dès 110 cm et vers le haut, *Picea* l'emporte légèrement sur *Fagus*).

b) Quelle que soit la station considérée, c'est toujours le sapin blanc qui

domine au sein de la fagabiétaie au moment où la courbe de cette essence croise celle de la chênaie mixte en décroissance. La répartition des espèces est alors la suivante:

Localité	*Abies*	*Fagus*	*Picea*
Le Loclat	18 %	7 %	3 %
Noiraigue II	14 %	8 %	2 %
Sur-les-Bieds	22 %	–	–
Sous-Martel-Dernier	18 %	11 %	5 %
Le Cachot	23 %	10 %	4 %

(Les % sont calculés par rapport à la somme AP + NAP.)

Il ressort clairement de ces chiffres que si le sapin l'emporte sur le hêtre et l'épicéa, la seconde de ces essences est franchement mieux implantée que la troisième, et ceci d'autant plus qu'à âges égaux, un hêtre produit environ 13 fois moins de pollen qu'un épicéa (A. Pons 1958, p. 111).

Il est curieux de constater que l'altitude ne joue pratiquement aucun rôle quant à la répartition des constituants de la fagabiétaie, ce qui nous porte à croire qu'au moment de son implantation, les facteurs édaphiques eurent davantage d'incidence sur elle que les facteurs climatiques.

c) Pour les sédiments postérieurs au maximum du sapin, les diagrammes manquent de clarté; on observe souvent une poussée de hêtre, puis des dominances, tour à tour, d'*Abies*, de *Fagus* ou de *Picea*, mais bien confuses, en vérité, dans l'ordre de leur succession. Il semble bien difficile de voir un rapport quelconque entre l'altitude et la composition de la fagabiétaie. Les étonnantes variations de la composition de ce groupement se retrouvent chez de nombreux auteurs (Spinner, Ischer, Joray, Firtion) et souvent dans des stations très voisines les unes des autres, et de même altitude. Nous pensons que cette composition est fonction de plusieurs variables telles que proximité d'une espèce donnée du lieu de fossilisation de son pollen, exposition de la station, richesse plus ou moins grande du sol en eau et en éléments chimiques, fréquence ou rareté du brouillard, etc. ... Seules de nouvelles et nombreuses datations au radiocarbone 14 pourront, un jour, fournir les bases valables de conclusions fructueuses.

Bertsch (1940, p. 40) pense que pour la région alpine, l'épicéa a trouvé refuge, pendant la glaciation würmienne, dans les montagnes illyriennes, aux environs de Ljubljana où l'espèce connaît sa plus grande extension avant l'âge du noisetier. Firbas (1949) suppose que d'autres refuges ont existé en bordure orientale et méridionale des Alpes. Les deux auteurs sont toutefois d'accord pour admettre, au Nord des Alpes, une pénétration d'Est en Ouest. Nous avons vu que dans le Nord-Ouest de la Suisse, *Abies*

succède au *Quercetum mixtum*. Dans l'Est du pays, c'est *Picea* qui succède à la chênaie, le sapin blanc n'apparaissant que plus tard. Les recherches de A. Hoffmann-Grobéty (1957) dans les Alpes glaronnaises, où la venue de *Picea* est contemporaine de celle d'*Abies*, permettent de fixer à la vallée de la Linth la limite entre ces deux régions. Cette limite n'est d'ailleurs pas absolue. C'est ainsi que Zoller (1966) a démontré que dans le Val Frisal, l'immigration d'*Abies* est antérieure à celle de *Picea* bien que cette vallée se trouve à l'Est des sources de la Linth. Le sapin rouge venant de l'Est, on doit s'attendre à trouver, dans le Jura central, une expansion de cette essence, postérieure à celle de la Suisse orientale. Dans le diagramme de Radolfzell (région occidentale du lac de Constance), publié en 1947 par I. Müller, on voit l'épicéa s'implanter très tôt: les premières traces, sporadiques, remontent à l'âge du noisetier et la courbe est continue dès celui de la chênaie. Dans un diagramme de Federsee, à 50 km au Nord du lac de Constance, reproduit par Firbas (1949, p. 369), l'apparition de *Picea* date de la fin du Boréal. Plus près de chez nous, dans la région de Zurich (Lüdi 1957), la courbe de l'épicéa est continue dès l'Atlantique ancien. Dans le Jura central, enfin, si *Picea* existe en très faible quantité et souvent sporadiquement pendant l'Atlantique récent, son expansion n'est, en aucun cas, antérieure au Subboréal. Notons enfin que si, dans son avance vers l'Ouest, Picea a atteint la Forêt-Noire, il n'est pas parvenu à s'implanter naturellement dans les Vosges, sinon très faiblement (Firbas 1949, p. 332).

On est actuellement beaucoup moins bien renseigné sur les refuges et les voies de migration de *Fagus* qu'on ne l'est sur ceux d'*Abies* ou de *Picea*. Pour notre région, Bertsch voit un refuge possible, pendant la dernière glaciation, au Sud-Ouest de Lyon, mais constate qu'il reste à préciser. De là, le hêtre ne serait étendu vers l'Est. Constatant par ailleurs que l'apparition de *Fagus* est également précoce dans les Alpes orientales, Bertsch imagine une seconde voie de pénétration: à partir d'un refuge situé dans les montagnes de Serbie, le hêtre suit la bordure orientale des Alpes autrichiennes en direction du Nord, puis pénètre en Basse-Autriche. Troisième voie enfin, supposée par l'auteur: du refuge serbe, *Fagus* s'étend vers la Lombardie et franchit le Brenner en direction de la Bavière. Il s'agit là, toutefois, d'hypothèses pas toujours solidement étayées et auxquelles Firbas (1949) ne souscrit pas pleinement.

Un article récent de Frenzel (1968) donne quelques renseignements complémentaires. A la fin du Pliocène, c'est en Slovénie que *Fagus* est bien représenté pour la dernière fois. Pendant le «Cromer», période interstadiaire séparant le Mindel du Günz, le hêtre n'existe plus que très sporadiquement, puis disparaît. On le retrouve en faible quantité au cours de l'interglaciaire Riss-Würm, soit pendant l'Eemien, et il se développe à nouveau pendant le Postglaciaire. Toutefois, il ne s'agirait plus de la même espèce qu'au Pliocène, mais d'une forme originaire d'Asie ou du Sud de l'Europe.

Chapitre VIII

Jura central et Jura méridional

Pendant que nous nous efforcions de jeter quelque lumière sur l'histoire tardi- et postglaciaire du Jura central, S. Wegmüller (1966) poursuivait des recherches analogues dans le Jura méridional. Son beau travail ayant paru avant que nous n'ayons achevé la rédaction du nôtre, il est naturel que nous tentions aujourd'hui de confronter nos résultats avec les siens et de voir si cette confrontation permet, oui ou non, d'aider à résoudre quelques problèmes de floristique jurassienne.

1. Il ressort de cette comparaison une première constatation: sur la base de l'analyse pollinique, l'évolution générale de la végétation depuis le retrait des glaciers würmiens paraît être la même dans le Jura central et dans le Jura méridional.

Aux altitudes les plus faibles, tant dans la région lémanique que dans la région neuchâteloise, la première colonisation forestière, qui fait suite à la toundra, apparaît pendant l'oscillation de Bölling. Elle se manifeste par un recul sensible de la proportion des espèces herbacées, par l'augmentation de celle des arbustes *(Hippophaë rhamnoides, Juniperus, Salix)* et du bouleau. L'implantation d'une forêt digne de ce nom ne débute, toutefois, qu'avec l'amélioration climatique de l'Alleröd, dans les régions élevées; il s'agit alors d'une forêt de pins et de bouleaux. Dès ce moment, l'évolution forestière est la même et paraît se faire indépendamment de l'altitude; on observe la succession suivante:
Pinus→Corylus→Quercetum mixtum→Abies→Abieti-Fagetum.

2. Dans son ouvrage «Flore et végétation des Alpes», C. Favarger (1958, T. 2, p. 176 et ssq.) consacre un chapitre à la flore du Haut-Jura où il expose quelques-uns des problèmes qui lui sont liés, celui de l'origine des végétaux alpins du Jura, par exemple. Leur richesse va en diminuant d'Ouest en Est, ce qui a amené nombre de botanistes à considérer que leur extension s'est faite à partir d'un refuge glaciaire occidental, celui de la Grande Chartreuse. Cette migration à sens unique à partir d'un seul refuge n'explique pas tout, car il se trouve que des espèces alpines existent dans le Jura septentrional ou dans le Jura central, tout en faisant défaut dans le Jura méridional. On est ainsi dans l'obligation d'admettre d'autres refuges, par exemple dans le Sud de l'Allemagne, le long du front Nord des glaciers alpins, dans la zone des plateaux du Jura français ainsi que sous forme de «nunataker» en quelques points de la haute-chaîne jurassienne (Pottier-Alapetite 1943, p. 231 et ssq.).

Il serait évidemment du plus haut intérêt de pouvoir suivre les voies de migration de ces espèces alpines, dans l'espace et dans le temps, à l'aide de l'analyse pollinique. C'est hélas impossible, leurs pollens ne se trouvant ni dans les diagrammes de WEGMÜLLER, ni dans les nôtres. Pourquoi? — Leurs stations anciennes furent peut-être trop éloignées des endroits de prélèvement de nos échantillons; leur production pollinique fut probablement très faible; il se peut enfin que les sédiments des environs immédiats de leurs stations n'aient pas permis leur fossilisation et, partant, leur conservation.

Nous pensons que pour des études de ce genre, il serait souhaitable d'analyser d'autres sédiments que ceux des tourbières ou des lacs; c'est ainsi que l'étude de sols peut être parfois très fructueuse, au point de vue palynologique, comme l'ont montré WELTEN (1958) et ZOLLER (1962) par exemple.

3. Dans une publication récente, C. BÉGUIN (1967) apporte une première contribution à la connaissance de l'écologie et de la phytosociologie des pelouses jurassiennes à caractère alpin, par son étude du *Caricetum ferrugineae*. L'auteur voit un lien entre la répartition actuelle de cette association dans le Jura et la présence, au maximum würmien, d'une calotte glaciaire mise en évidence par D. AUBERT (1965) et dont nous avons déjà parlé (p. 10). La calotte de glace aurait modelé le terrain de telle manière qu'à la fonte glaciaire, les espèces de l'association y auraient trouvé les conditions écologiques très strictes nécessaires à leur survie.

Convenons que là encore, nos analyses polliniques ne font pas apparaître de différences, quant à l'évolution végétale, entre les stations étudiées sur l'aire de la calotte et en dehors de celle-ci; elles s'avèrent, par conséquent, inaptes à confirmer ou à infirmer l'hypothèse de BÉGUIN.

4. J. L. RICHARD (1961, p. 126 et ssq.), dans un chapitre qu'il consacre à la limite supérieure de la forêt et à l'étage subalpin dans le Jura, remarque: «Il se pourrait donc bien que la limite supérieure naturelle de la forêt soit dépassée par les plus hauts sommets du Jura genevois.» Parmi les stations étudiées par WEGMÜLLER dans le Jura méridional, celle dont l'altitude est la plus élevée (environ 1600 m) se trouve à la Maraichaude, à quelque trois kilomètres au Nord-Est du Crêt de la Neige. Il est intéressant de constater que, de tous les diagrammes de WEGMÜLLER, ce dernier est le seul à montrer une absence complète de couverture forestière, et cela dès les premiers sédiments atteints par le sondage, soit dès le Subboréal. La proportion des espèces arborescentes y est extrêmement faible, du même ordre, en fait, qu'au Tardiglaciaire sans forêt des altitudes plus basses. A la même époque, dans le Simmental, WELTEN (1952) trouve que la forêt d'épicéa atteint une altitude très légèrement supérieure à 2000 m. L'hypothèse de RICHARD nous paraît donc parfaitement confirmée par l'analyse pollinique.

RICHARD se demande également si le pin de montagne dont quelques

groupes se maintiennent au sommet du Crêt de la Neige n'aurait pas «survécu sur place à la dernière glaciation». Le diagramme de WEGMÜLLER ne fournit pas de renseignement à ce sujet, puisque les sédiments analysés ne remontent pas au-delà du Subboréal, époque à laquelle le pollen de *Pinus* est pourtant plus abondant, à la Maraichaude, que celui de *Picea.*

5. Nos diagrammes ne correspondent qu'à des stations dont l'altitude est inférieure à 1260 m, et il est intéressant de constater que jamais la courbe de l'épicéa ne s'y individualise dans la dominance, si ce n'est parfois dans les temps les plus récents (Subatlantique récent de la Cornée ou du Creux-du-Van, stations correspondant actuellement à des pessières). Dans les diagrammes de WEGMÜLLER, par contre, on note une nette prépondérance de *Picea* sur *Abies* et surtout sur *Fagus,* pendant tout le Subatlantique, pour autant qu'il s'agisse de stations dont l'altitude excède 1100 m. Cela nous paraît normal, car dans l'aire supérieure de l'*Abieti-Fagetum* «prospère en proportion toujours plus forte l'épicéa» (MOOR 1951, p. 637) et, au-dessus, dans l'*Acereto-Fagetum*» «au hêtre viennent s'associer, en lieu et place du sapin, l'épicéa et l'érable sycomore» (ibid.).

6. Nous avons déjà remarqué, dans le chapitre précédent, que le sapin blanc, dans sa migration d'Ouest en Est, parvient dans le Jura central à s'étendre avec, semble-t-il, un léger retard par rapport au Jura méridional. Voilà un point encore où les techniques de l'analyse pollinique nous ont fourni un élément positif.

En conclusion à ce chapitre, constatons que nos analyses n'apportent à la résolution des problèmes de floristique jurassienne qu'une modeste contribution. Nous voyons deux raisons à cela: la première est que les terrains aptes à conserver le pollen ne se trouvent pas partout et quand ils existent, ils ne donnent pas toujours une image complète de l'évolution végétale depuis la fonte des glaces à nos jours; la seconde est que tous les pollens ne se conservent pas également bien et notamment ceux des espèces herbacées.

Résumé

Nous avons tenté, par le présent travail, d'ajouter quelques données à ce que l'on savait de l'évolution végétale tardiglaciaire et postglaciaire dans le Jura central. A cet effet, plusieurs sondages ont été effectués, à différents étages du canton de Neuchâtel; les diagrammes de douze d'entre eux sont présentés ici.

Alors que les recherches de nos prédécesseurs (Spinner, Keller, Ischer) ne portaient que sur des tourbières, nous nous sommes aussi intéressé à d'autres types de sédiments tels que dépôts lacustres du Val-de-Travers ou du Loclat, accumulations d'humus brut du Creux-du-Van ou de la Cornée sur la Brévine.

Treize datations au radiocarbone 14 sont autant de repères nous ayant permis de préciser certains stades de l'évolution de la végétation. Il s'agit de la première application de cette méthode dans notre région.

Des renseignements sur la végétation au Tardiglaciaire ont été obtenus à tous les étages du canton, mais aucun diagramme ne permet de donner une image claire et complète des stades successifs de l'évolution végétale au cours de cette période, dans le Haut-Jura neuchâtelois où l'oscillation de Bölling, par exemple, n'a pas pu être mise en évidence avec certitude. Le diagramme de «Sous-Martel-Dernier», par contre, nous prouve que dès l'Alleröd, la forêt est bien implantée dans les parties élevées du Jura central et qu'elle ne reculera plus au cours des périodes suivantes. Dans les régions basses du Jura central, une forêt où domine le bouleau se forme dès l'oscillation de Bölling.

Pendant le Postglaciaire, on retrouve à tous les étages la même évolution dans la composition de la forêt:

Préboréal:	Dominance de *Pinus* et apparition dans l'ordre, mais presque simultanée de *Corylus* et du *Quercetum mixtum*.
Boréal:	Dominance de *Corylus* et extension du *Quercetum mixtum* où l'orme est généralement prépondérant.
Atlantique ancien:	Dominace de la chênaie mixte et recul du noisetier.
Atlantique récent:	Dominance de la chênaie mixte au début, puis du sapin blanc.
Subboréal:	Dominance d'*Abies*, extension de *Fagus* et de *Picea*.
Subatlantique:	Fagabiétaie avec dominances alternées de *Fagus*, d'*Abies* ou de *Picea*.

Nos analyses polliniques montrent que pendant le Boréal et l'Atlantique ancien, l'orme joue un rôle très important au sein de la chênaie mixte, ce qui ressortait mal des études faites avant la nôtre, dans le Haut-Jura neuchâtelois.

L'expansion d'*Abies*, dans le Jura central, se place entre 3500 et 3000 ans a. C. n., les premières traces laissées par cette essence se manifestant dès l'Atlantique ancien. Le hêtre, quant à lui, n'apparaît que pendant l'Atlantique récent (entre 4000 et 3000 ans a. C. n.: il nous paraît difficile de fixer cette apparition avec davantage de précision, sur la base de nos diagrammes).

Seules de nouvelles déterminations d'âge au radiocarbone 14 permettront, un jour, de fixer avec certitude le début du Subatlantique ancien et du Subatlantique récent, ainsi que de faire la lumière sur l'installation à demeure des premiers habitants dans le Haut-Jura central, installation qui, pensons-nous, doit être très tardive (début du Subatlantique récent ou peu avant).

Nos recherches, enfin, nous ont permis de donner quelques précisions chronologiques sur l'apparition et la disparition de l'ancien lac du Val-de-Travers.

Bibliographie

Anundsen, K., Simonsen, A. (1967): Et Pre-Borealt breframstøt på Hardangervidda og i området mellom Bergensbanen og Jotunheimen. Acta Universitatis bergensis. Series mathematica rerumque naturalium No 7.

Aubert, D. (1965): Calotte glaciaire et morphologie jurassienne. Ecl. Geol. Helv. 58. I.

Aubert, F. et Gut, R. (1948): Notre forêt. (Eléments d'économie forestière.) Payot, Lausanne.

Bastin, B. (1967): Pflanzengeographische Probleme der offenen Vegetation Europas während der letzten Eiszeit. Ber. d. deutschen Bot. Ges. 80, 10.

Becker, J. (1952): Etude palynologique des tourbières flandriennes des Alpes françaises. Mém. Service de la Carte géol. d'Alsace et de Lorraine. No 11. Strasbourg.

Béguin, C. (1967): Contribution à l'étude écologique et phyto-sociologique du *Caricetum ferrugineae* dans le Jura. Bull. Soc. neuchâtel. Sci. nat. 90.

Behre, K. E. (1966): Untersuchungen zur spätglazialen und frühpostglazialen Vegetationsgeschichte Ostfrieslands. Eiszeitalter u. Gegenwart, Bd. 17.

Bertsch, A. (1961 a): Untersuchungen an rezenten und fossilen Pollen von *Juniperus*. Flora 150.

— (1961 b): Untersuchungen zur spätglazialen Vegetationsgeschichte Südwestdeutschland. Flora 151.

Bertsch, K. (1940): Geschichte des deutschen Waldes. Verlag G. Fischer, Jena.

— (1941): Lehrbuch der Pollenanalyse. Handbücher der praktischen Vorgeschichtsforschung, Bd. 3. Enke, Stuttgart.

— (1952): Die Waldentwicklung in der ältesten Nacheiszeit Oberschwabens. Jahresheft f. vaterländ. Naturkunde in Württemberg.

Beug, H. J. (1961): Leitfaden der Pollenbestimmung für Mitteleuropa und angrenzende Gebiete. Lieferung I. G. Fischer, Stuttgart.

— (1964): Untersuchungen zur spät- und postglazialen Vegetationsgeschichte im Gardaseegebiet unter besonderer Berücksichtigung der mediterranen Arten. Flora 154.

Bovet, J. (1958): Contribution à l'étude des «Races écologiques» du frêne, *Fraxinus excelsior* L. Journal forestier suisse 8-9. Août-Sept. 1958.

Burger, A. (1959): Hydrogéologie du bassin de l'Areuse. Bull. Soc. neuch. Géogr. 52.

Dauzat, Dubois, Mitterand (1964): Nouveau dictionnaire étymologique. Larousse, Paris.

Dehn, W. (1966): Die Doppelvogelkopffibel aus dem Val-de-Travers. Helvetia antiqua: Festschrift E. Vogt. Conzett et Huber, Zurich.

Dubois, A. (1902): Les Gorges de l'Areuse et le Creux-du-Van. Imprimerie Attinger Frères, Neuchâtel.

Du Pasquier, L. (1893): Le glaciaire du Val-de-Travers. Bull. Soc. neuchâtel. Sci. nat. 22.

Eberhardt, A. et Krähenbühl, C. (1952): La tourbière des Pontins sur St-Imier. Ber. Geobot. Forsch. Inst. Rübel f. das Jahr 1951.

Fægri, K. et Iversen, J. (1950): Textbook of modern pollen analysis. Kopenhagen.

Favarger, C. (1956/1958): Flore et végétation des Alpes I/II. Delachaux et Niestlé, Neuchâtel.

Favarger, Richard, Duckert (1959): La Camarine noire, *Empetrum nigrum* et *Empetrum hermaphroditum* en Suisse. Bull. Soc. bot. suisse, 69.

Favre, J. (1948): Les associations fongiques des hauts-marais jurassiens. Mat. pour la Flore cryp. suisse. 10 (3).

Favre, J. et Thiébaud, M. (1906): Monographie des marais de Pouillerel. Bull. Soc. neuchâtel. Sci. nat. 34.

Firbas, F. (1949/1952): Spät- und nacheiszeitliche Waldgeschichte Mitteleuropas. I/II. Jena.

— (1954): Die Synchronisierung der mitteleuropäischen Pollendiagramme. Danmarks Geol. Undersögelse. II. Raekke, 80. Festschrift Knud Jessen. Kobenhavn.

Firtion, F. (1950): Contribution à l'étude paléontologique, stratigraphique et physico-chimique des tourbières du Jura français. Service de la Carte géol. d'Alsace et de Lorraine, Strasbourg.

Frenzel, B. (1968): Floren- und Vegetationsgeschichte seit dem Ende des Tertiärs (Historische Geobotanik). Fortschritte der Botanik. Bd. 30.

Früh, J. et Schröter, C. (1904): Die Moore der Schweiz, mit Berücksichtigung der gesamten Moorfrage. Beitr. z. Geol. d. Schweiz. Geotechn. Serie 3.

Gignoux, M. (1943): Géologie stratigraphique. 3e éd. Masson, Paris.

Gilot, J.-Cl., Dommergues, Y. (1967): Note sur le lithosol calcaire à mor de la station subalpine de la R. C. P. 40. Rev. Ecol. Biol. sol., 4 (3).

Godet, P. et Combe, T. (1902). Neuchâtel pittoresque. Vallées et montagnes. Genève.

Graber, A. (1923): La flore des Gorges de l'Areuse et du Creux-du-Van, ainsi que des régions environnantes. Bull. Soc. neuchâtel. Sci. nat. 48 (1924).

Häni, R. (1964): Pollenanalytische Untersuchungen zur geomorphologischen Entwicklung des bernischen Seelandes um und unterhalb Aarberg. Mitteil. d. Naturf. Ges. in Bern, Neue Folge 21.

Hauff, R. (1960): Drei neue Pollenprofile aus Nord- und Südwürttemberg. Mitt. d. Vereins f. forstl. Standortskunde und Forstpflanzenzüchtung, Heft 9.

Hoffmann-Grobéty, A. (1957): Evolution postglaciaire de la forêt et des tourbières dans les Alpes glaronnaises. Ber. Geobot. Forsch. Inst. Rübel f. d. Jahr 1956.

— (1968): Etude palynologique et stratigraphique de trois tourbières dans les cantons de Saint-Gall et Glaris. Ber. Geobot. Inst. der ETH Stiftung Rübel f. d. Jahr 1967. Heft 38.

Ischer, A. (1935): Les tourbières de la vallée des Ponts-de-Martel. Recherches paléobotaniques et contribution à l'étude des associations végétales. Bull. Soc. neuchâtel. Sci. nat., 60.

— (1938): Les relations entre le pH et la végétation des tourbières. Bull. Soc. neuchâtel. Sci. nat., 63.

Iversen, J. (1942): En pollenanalytiske Tidfaestelse af Ferksvanslagene ved Norre Lyngby. Medd. Dansk. Geol. Foren, 10.

Jaccard, A. (1886): Note sur la source de la Reuse et le bassin des Taillières. Bull. Soc. neuchâtel. Sci. nat., 15.

Jeannet, A. (1924): (Géologie de la vallée de la Brévine.) Bull. Soc. nechâtel. Sci. nat., 49, p. 207-209.

— (1926): Le lac des Taillères. Rameau de Sapin, 2e série, 10e année.

— (1930): L'ancien lac du Val-de-Travers. Rameau de Sapin, 2e série, 14e année.

Jéquier, J. P. (1962): Deux nouveaux profils polliniques dans un marais du Haut-Jura neuchâtelois. Travail non publié, déposé à l'Inst. bot. Université de Neuchâtel.

Joray, M. (1942): L'Etang de la Gruyère. Mat. pour le levé géobot. de la Suisse, fasc. 25.

Kanerva, R. (1956): Pollenanalytische Studien über die spätquartäre Wald- und Klimageschichte von Hyrynsalmi in NO-Finnland. Ann. acad. scient. fenn. Série A. III Geol.-Geogr. 46. Helsinki.

Keller, P. (1928): Pollenanalytische Untersuchungen an Schweizer Mooren und ihre florengeschichtliche Deutung. Veröff. Geobot. Inst. Rübel, Zürich.

Kranck, E. H. et Favarger, C. (1948): Le pays de Neuchâtel (Géographie). Coll. centenaire de la République, Neuchâtel.

Lang, G. (1952): Zur späteiszeitlichen Vegetations- und Florengeschichte Südwestdeutschlands. Flora, 139.

Lang, G. (1955): Neue Untersuchungen über die spät- und nacheiszeitliche Vegetationsgeschichte des Schwarzwaldes, 2. Das absolute Alter der Tannenzeit im Südschwarzwald. Beitr. z. naturkundl. Forschung in Südwestdeutschland 14 (1).

— (1962 a): Vegetationsgeschichtliche Untersuchungen der Magdalénienstation an der Schussenquelle. Veröff. Geobot. Inst. Rübel, 37 (Festschrift F. Firbas).
— (1962 b): Die spät- und frühpostglaziale Vegetationsentwicklung im Umkreis der Alpen. Eiszeitalter und Gegenwart, 12.
Lang, G., Trautmann, W. (1961): Zur spät- und nacheiszeitlichen Vegetationsgeschichte der Auvergne (Französ. Zentralmassiv). Flora, 150.
Leroi-Gourhan, A. (1964): Chronologie des grottes d'Arcy-sur-Cure (Yonne). Gallia - Préhistoire, 7.
Lesquereux, L. (1844): Quelques recherches sur les marais tourbeux en général. Imprimerie Wolfrath, Neuchâtel.
Loew, F. (1954): Les Verrières. La vie rurale d'une communauté du Haut-Jura au moyen âge. Pub. de la Soc. Hist. et Archéol. du canton de Neuchâtel. Nouvelle série, 4.
Lüdi, W. (1955): Die Vegetationsentwicklung seit dem Rückzug der Gletscher in den mittleren Alpen und ihrem nördlichen Vorland. Ber. Geobot. Inst. Rübel f. d. Jahr 1954.
— (1957): Ein Pollendiagramm aus dem Untergrund des Zürichsees. Schweiz. Zeitschrift für Hydrologie, 19 (2).
Matthey, F. (1949): Etude granulométrique et calcimétrique de quelques sols situés entre le Creux-du-Van et le Chasseron. Travail non publié. En dépôt Inst. Géol. Neuchâtel.
— (1958): Contribution à l'étude de la végétation postglaciaire de l'étage inférieur du canton de Neuchâtel. Bull. Soc. neuchâtel. Sci. nat., 81.
Matthey, W. (1964): Observations écologiques dans la tourbière du Cachot. Bull. Soc. neuchâtel. Sci. nat., 87.
Moor, M. (1951): Des groupements forestiers dans le Jura: les associations climaciques et les associations spécialisées. Journ. forestier suisse, 12 (déc. 1951).
Moor, M., Schwarz, U. (1957): Die kartographische Darstellung der Vegetation des Creux-du-Van-Gebietes. Beitr. geobot. Landesaufnahme d. Schweiz, 37.
Mühlethaler, C. (1931): Etude géologique de la région des Verrières (canton de Neuchâtel). Bull. Soc. neuchâtel. Sci. nat., 56.
Müller, I. (1947): Der pollenanalytische Nachweis der menschlichen Besiedlung im Federsee- und Bodenseegebiet. Planta, 35.
Pons, A. (1958): Le pollen. Presses univ. de France. Coll. «Que sais-je» 783.
Portner, C. (1951): La formation du sédiment calcaire du lac de Neuchâtel. Etude physico-chimique. Thèse, Neuchâtel. Imp. Birkhäuser & Cie, Bâle.
Pottier-Alapetite, G. (1943): Recherches phytosociologiques et historiques sur la végétation du Jura central et sur les origines de la flore jurassienne. SIGMA 81.
Quartier, A. (1959): Note préliminaire concernant les sédiments du lac de Neuchâtel. Revue suisse d'Hydrologie, 21 (1).
Richard, J. L. (1961): Les forêts acidophiles du Jura. Mat. pour le levé géobot. de la Suisse, 38.
Rickenbach, E. (1925): Description géologique du territoire compris dans les feuilles 278 et 280 de l'atlas topographique de Siegfried, savoir du Val-de-Travers entre Fleurier et Travers, du cirque de St-Sulpice et de la vallée de la Brévine. Bull. Soc. neuchâtel. Sci. nat., 50.
Ritter, G. (1887): Le lac glaciaire de Champ-du-Moulin. Bull. Soc. neuchâtel. Sci. nat., 16.
Schardt, H. (1904): Origine de la source de l'Areuse (la Doux). Mél. géol, fasc. 5. Bull. Soc. neuchâtel. Sci. nat., 32.
— (1905): Vallée des Ponts. Dictionnaire géogr. de la Suisse, 3, p. 726-729.
Schardt, H. et Dubois, A. (1903): Description géologique de la région des Gorges de l'Areuse (Jura neuchâtelois). Ecl. Geol. Helv. 7.

Spinner, H. (1926 a): Analyse pollinique de la tourbe dans deux marais de la vallée de la Brévine. Bull. Soc. neuchâtel. Sci. nat., 50.
— (1926 b). Le climat de la vallée de la Brévine. Bull. Soc. neuchâtel. Sci. nat., 51.
— (1927): Pollenanalytische Untersuchungen an einem Schweizer Jura-Hochmoor. Ber. d. deutsch. bot. Ges. 45.
— (1930): Nouvelle contribution à l'analyse pollinique des tourbières de la vallée de la Brévine — La Chaux-du-Milieu. Bull. Soc. neuchâtel. Sci. nat., 54.
— (1932): Le Haut-Jura neuchâtelois nord-occidental. Mat. pour le levé géobot. de la Suisse, 17.
Staub, W. (1950): Die drei Hauptstadien des Rhonegletschers im schweizerischen Mittelland zur letzten Eiszeit. Ber. Geobot. Inst. Rübel f. d. Jahr 1949.
Straka, H. (1965): Über die Bedeutung der Nichtbaumpollenanalyse für floren- und vegetationsgeschichtliche Untersuchungen. Ber. d. deutsch. bot. Ges. 78 (9).
Thiébaud, C. E. (1937): Etude géologique de la région Travers—Creux-du-Van—Saint-Aubin. Bull. Soc. neuch. Géogr. 45.
de Tribolet, M. (1883): Sur un gisement de fossiles quaternaires au Champ-du-Moulin. Bull. Soc. neuchâtel. Sci. nat., 13.
Villaret-von Rochow, P. et M. (1958). Das Pollendiagramm eines Waldgrenzenmoores in den Waadtländer Alpen. Veröff. Geobot. Inst. Rübel, Zürich 33. Festschrift W. Lüd.i.
Villaret, P. et Burri, M. (1965): Les découvertes palynologiques de Vidy et leur signification pour l'histoire du lac Léman. Bull. Soc. vaud. Sci. nat., 317, vol. 69, fasc. 1.
Vouga, D. (1943): Préhistoire du Pays de Neuchâtel, des origines aux Francs. Mém. Soc. neuchâtel. Sci. nat., 7.
Vouga, P. (1906): Essai sur l'origine des habitants du Val-de-Travers (Thèse, Université de Berne.) Halle-sur-Saale.
Wegmann, E. (1922): Zur Geologie der St. Bernharddecke. Bull. Soc. neuchâtel. Sci. nat., 47.
Wegmüller, S. (1966): Über die spät- und postglaziale Vegetationsgeschichte des südwestlichen Jura. Beitr. geobot. Landesaufnahme d. Schweiz, 48.
Welten, M. (1944): Pollenanalytische, stratigraphische und geomorphologische Untersuchungen aus dem Faulenseemoos bei Spiez. Veröff. Geobot. Inst. Rübel, Zürich, 21.
— (1952): Über die spät- und postglaziale Vegetationsgeschichte des Simmentals. Veröff. Geobot. Inst. Rübel, Zürich, 26.
— (1957): Über glaziale und spätglaziale Vorkommen von *Ephedra* am nordwestlichen Alpenrand. Ber. Schweiz. Bot. Ges., 67.
— (1958 a): Die spätglaziale und postglaziale Vegetationsentwicklung der Berner Alpen und Voralpen und des Walliser Haupttales. Verh. d. INQUA 1957. Veröff. Geobot. Inst. Rübel, 34.
— (1958 b): Pollenanalytische Untersuchungen alpiner Bodenprofile: historische Entwicklung des Bodens und säkulare Sukzession der örtlichen Pflanzengesellschaften. Veröff. Geobot. Inst. Rübel, Zürich, 33. Festschrift W. Lüdi.
— (1964): La Tourbière de Genevez. Mitteil. d. Naturforsch. Ges. in Bern. Neue Folge, 21.
Welten, M., Oeschger, H. (1957): Erste Ergebnisse von C 14-Alterbestimmungen zur Vegetationsgeschichte der Schweiz. Verh. Schweiz. Naturforsch. Ges. Neuenburg.
Wirth, C. (1914): Flora des Traverstales und der Chasseronkette. Beiheft bot. Centralblatt, 32 (2).
Wüthrich, M. (1960): Les Diatomées du lac de Neuchâtel. Bull. Soc. neuchâtel. Sci. nat., 83.
— (1961): Etude des sédiments du lac de Neuchâtel. Les Diatomées. Bull. Soc. neuchâtel. Sci. nat., 84.
Zoller, H. (1960 a): Die wärmezeitliche Verbreitung von Haselstrauch, Eichenmischwald, Fichte und Weisstanne in den Alpenländern. Bauhinia 1 (3).

— (1960 b): Pollenanalytische Untersuchungen zur Vegetationsgeschichte der insubrischen Schweiz. Denkschriften der Schweiz. Naturf. Ges. 83 (2).
— (1962 a): Die Vegetation der Schweiz in der Steinzeit. Verh. Naturf. Ges. Basel. 73 (1).
— (1962 b): Pollenanalytische Untersuchungen zur Vegetationsentwicklung tiefgelegener Weisstannenwälder im Schweizerischen Mittelland. Veröff. Geobot. Inst. der ETH, Stiftung Rübel. Zürich, 37. Festschrift F. Firbas.
— (1964): Zur postglazialen Ausbreitungsgeschichte der Weisstanne *(Abies alba* Mill.) in der Schweiz. Schweiz. Zeitschrift f. Forstwesen, 11 (Nov. 1964).
Zoller, H., Schindler, C., Röthlisberger, H. (1966): Postglaziale Gletscherstände und Klimaschwankungen im Gotthardmassiv und Vorderrheingebiet. Verhandl. Naturf. Ges. Basel. Bd. 77. Nr. 2.